

المطابق لـ العلم الفيزيائي

السنة الثالثة من التعليم الثانوي

علوم تجريبية . رياضيات . تقني رياضي

hard_equation

الجزء 2

تطور الجمل الفيزيائية

دار الشريعة



الإنشطار

والاندماج

النويين

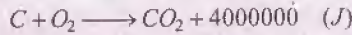
تطبيقات نموذجية



1 تطبيق

المقارنة بين الطاقة النووية والطاقة الكيميائية

يحترق الفحم الطبيعي حسب المعادلة التالية:



1- احسب الطاقة الناشئة عن تحول 1 g من المادة إلى طاقة. قارن بين طاقتي الاحتراق والتحول.

2- احسب مقدار الفحم الواجب احتراقه للحصول على نفس الطاقة الناشئة عن التحول.

✓ الحل :

(1) حسب مبدأ التكافؤ (كتلة - طاقة) يكون:

$$E = \Delta m \cdot C^2 = 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2 = 9 \times 10^{13} \text{ J}$$

و لدينا $E_1 = 4 \times 10^6 \text{ J}$ طاقة الاحتراق لول واحد من الفحم (12 g)

$$E_2 = 9 \times 10^{13} \text{ J} \text{ طاقة تحول } 1 \text{ g من المادة.}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{9 \times 10^{13}}{4 \times 10^6} = 2,25 \times 10^7 \text{ إذن}$$

إذن $E_2 > E_1$ بـ 22 مليون ونصف مرة.

$$12 \text{ g من الفحم} \longrightarrow 4 \times 10^6 \text{ J}$$

$$m \longrightarrow 9 \times 10^{13} \text{ J}$$

$$m = \frac{9 \times 10^{13} \times 12}{4 \times 10^6} = 270 \times 10^6 \text{ g} = 270 \text{ T} \text{ إذن}$$

فتحول مقدار 1 g من المادة فقط إلى طاقة يكافئ الطاقة الناشئة عن احتراق 270 T من الفحم.

2 تطبيق

حساب الطاقة الحرارية الناشئة عن تفاعل نووي اصطناعي

تقذف نواة الأوزون 4_7N بـ نيوترون فيتشكل النظير ${}^{14}_6C$ مع انطلاق جسيم (b).

1- اكتب معادلة التفاعل الحادث مستنتجا طبيعة الجسيم المنبعث.

2- احسب الطاقة المتحررة عن تفاعل مول واحد من النكليد 4_7N أثناء هذا

التفاعل. عبر عن النتيجة بوحدة الجول، ثم بوحدة MeV.

يعطى ما يلي: ${}^1_1H = 1,00783 \text{ u}$ ، ${}^{14}_6C = 14,00324 \text{ u}$ ، ${}^4_7N = 14,00307 \text{ u}$

$u \approx 1,66 \times 10^{-27} \text{ Kg}$ ، $C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ، ${}_0^1n = 1,00867 \text{ u}$

✓ الحل :

(1) معادلة التفاعل ${}^1_0n + {}^{14}_7N \longrightarrow {}^4_2He + {}^{14}_6C$

يعطي قانونا الانحفاظ ما يلي،

$$14 + 1 = A + 14 \rightarrow A = 1$$

$$7 + 0 = Z + 6 \rightarrow Z = 1 \quad \text{فالجسيم المنبعث } a \text{ هو بروتون } {}^1_1H.$$

(2) حساب طاقة التفاعل $E = \Delta m \cdot C^2$

$$\Delta m = [m({}^{14}_7N) + m({}^1_0n)] - [m({}^{14}_6C) + m({}^1_1H)]$$

$$= (14,00307 + 1,00867) - (14,00324 + 1,00783)$$

$$= 6,7 \times 10^{-4} u$$

$$= 6,7 \times 10^{-4} \times 1,66 \times 10^{-27} = 1,122 \times 10^{-30} Kg$$

- طاقة التفاعل الناشئة عن تحول ذرة واحدة،

$$E_1 = \Delta m \cdot C^2$$

$$= 1,122 \times 10^{-30} \times (3 \times 10^8)^2 = 10,098 \times 10^{-14} J$$

- الطاقة الناشئة عن تحول مول من المادة،

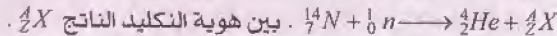
$$E = N_A \cdot E_1 = 6,02 \times 10^{23} \times 10,098 \times 10^{-14} = 6,099 \times 10^9 J = 6,099 GJ$$

$$E = \frac{6,099 \times 10^9}{1,60 \times 10^{-13}} = 3,8119 \times 10^{22} MeV \quad \text{يكون } 1 MeV = 1,60 \times 10^{-13} J \quad \text{و حيث أن}$$

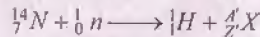
3 تطبيق تجارب الإشعاعات الاصطناعية α ، β الناشئة عن قذف نواة الآزوت بنيترون

1- يقذف نيترون في نواة ذرة الآزوت ${}^{14}_7N$ فتلتقطه.

(أ) في الحالة الأولى تشع النواة الناتجة دقيقة α حسب المعادلة،



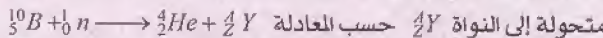
(ب) في الحالة الثانية ينبعث بروتون 1_1H من النواة الناتجة حسب المعادلة التالية،



- بين هوية النكليد ${}^{14}_6C$.

إذا كان هذا النكليد يشع إشعاع β^- ، فاكتب معادلة التفاعل الحادث.

2- يقذف نيترون في نواة البور ${}^{10}_5B$ فتشع النواة المتحصلة عليها دقيقة α

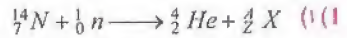


- بين هوية النكليد 7_3Li المتحصلة عليه.

- احسب طاقة هذا التفاعل مقبلة بوحدة MeV .

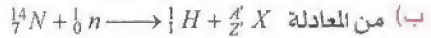
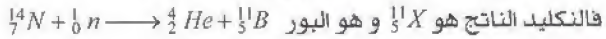
$$\text{يعطى: } {}^7_3Li = 7,0182 u, {}^1_0n = 1,0090 u, {}^4_2He = 4,0039 u, {}^{10}_5B = 10,0161 u$$

✓ الحل :

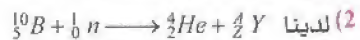
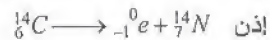
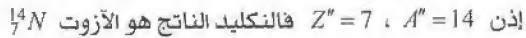


حسب قانون انحفاظ الكتلة يكون $14+1=A+4 \rightarrow A=11$

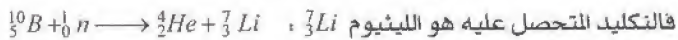
حسب قانون انحفاظ الشحنة يكون $7+0=Z+2 \rightarrow Z=5$



$$\begin{cases} A'=14 \\ Z'=6 \end{cases} \text{ ومنه نجد } \begin{cases} 14+1=A'+4 \\ Z'+1=0+7 \end{cases} \text{ يكون}$$



$$\begin{cases} A=7 \\ Z=3 \end{cases} \text{ ومنه } \begin{cases} 10+1=A+4 \\ Z+2=0+7 \end{cases} \text{ يكون}$$



- النقص في الكتلة:

$$\Delta m = (10,0161 + 1,0090) - (4,0039 + 7,0182) = 0,0030 \text{ u}$$

$$= 0,0030 \times 1,67 \times 10^{-27} = 5 \times 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$E = \Delta m \cdot C^2 = 5 \times 10^{-30} \times (3 \times 10^8)^2 = 4,5 \times 10^{-13} \text{ J} \quad \text{ومنه نجد}$$

$$E = 2,8 \text{ MeV} \quad \text{إذن} \quad E = \frac{4,5 \times 10^{-13}}{1,6 \times 10^{-19}} = 2,8 \times 10^6 \text{ V}$$

إشعاع نواة اليورانيوم طبيعيا واصطناعيا

4 تطبيق

1- يمكن للنظير ${}^{238}_{92}U$ لليورانيوم أن يشع 8 دقائق α مقابل 6 دقائق β ، و تنتج

النواة المستقرة 4_2X ، اكتب معادلة التفاعل الحادث واستنتج هوية النكليد 4_2X .

2- إن نواة النظير ${}^{235}_{92}U$ تستطيع أن تلتقط نيوترونا لتتشتط إلى نواتي

النكليد ${}^{95}_{42}Mo$ و النكليد ${}^{139}_{57}La$ وتنبعث دقائق β^- و عدة نيوترونات.

(أ) اكتب معادلة التفاعل النووي الحادث.

(ب) احسب الطاقة المتحررة الناشئة في هذا التفاعل مع إهمال كتلة الإلكترونات.

(3) في أحد التفاعلات النووية يستهلك تفاعل نووي 1 Kg من اليورانيوم $^{238}_{92}U$ يوميا. باعتبار أن التفاعل النووي الحادث هو المشار إليه سابقا، احسب الاستطاعة الكهربائية المتحصل عليها علما أن مردود العملية 30% .
يعطى: ($^{139}_{57}La = 138,90614 u$ ، $^{95}_{42}Mo = 94,90584 u$ ، $^{235}_{92}U = 235,0439 u$)

✓ الحل :

(1) معادلة التفاعل $^{238}_{92}U \longrightarrow 8\ ^4_2He + 6\ ^0_{-1}e + \frac{A}{Z}X$

و يكون $238 = (8 \times 4) + A \rightarrow A = 206$

$92 = (8 \times 4) + (6 \times -1) + Z \rightarrow Z = 82$

فالنواة $\frac{A}{Z}X$ هي نواة الرصاص $^{206}_{82}Pb$

(2) ليكن X عدد الإلكترونات المنبعثة (دقائق β^-)، Y عدد النيوترونات،

$^{238}_{92}U + \frac{1}{0}n \longrightarrow \frac{95}{42}Mo + \frac{139}{57}La + X\ ^0_{-1}e + Y\ \frac{1}{0}n$

و يكون $135 + 1 = 95 + 139 + Y \rightarrow Y = 2$

$92 + 0 = 42 + 57 - X \rightarrow X = 7$

إذن $^{238}_{92}U + \frac{1}{0}n \longrightarrow \frac{95}{42}Mo + \frac{139}{57}La + 7\ ^0_{-1}e + 2\ \frac{1}{0}n$

$\Delta m = 235,04390 - 94,90584 - 138,90614 - 1,00866 = 0,22326 u$

$= 0,22326 + 1,66 \times 10^{-27} = 0,3728 \times 10^{-27} Kg$

ومنه يكون $E = \Delta m \cdot C^2 = 0,3728 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 = 3,355 \times 10^{-11} J$

$= \frac{3,355 \times 10^{-11}}{1,6 \times 10^{-19}} = 2,09 \times 10^8 eV = 209 MeV$

(3) لدينا $1 u \longrightarrow 1,67 \times 10^{-27} Kg$ فتكون كتلة ذرة اليورانيوم هي:

$235,04390 u = 235,04390 \times 1,66 \times 10^{-27} = 392,52 \times 10^{-27} Kg$

و النقص الموافق في الكتلة أثناء التفاعل هو $0,3728 \times 10^{-27} Kg$ (كما سبق). يكون:

$392,52 \times 10^{-27} Kg \longrightarrow 0,3728 \times 10^{-27} Kg$

$1 Kg \longrightarrow \Delta m$

نجد $\Delta m = \frac{0,3728 \times 10^{-27}}{392,52 \times 10^{-27}} = 9498 \times 10^{-7} Kg$

و هو النقص في كتلة اليورانيوم في اليوم الواحد. و تكون الطاقة النووية المتحررة في اليوم الواحد هي:

$E = \Delta m \cdot C^2 = 9498 \times 10^{-7} \times (3 \times 10^8)^2 = 85482 \times 10^9 J$

و الاستطاعة النووية الموافقة في اليوم الواحد هي:

$P_1 = \frac{E}{t} = \frac{85482 \times 10^9}{86400} \cong 989 \times 10^6 W$

و الاستطاعة الكهربائية المتحصل عليها كل يوم هي:

$P \cong 300 Mw$ إذن $P_2 = 0,3 \cdot P_1 = 0,3 \times 989 \times 10^6 = 296,8 \times 10^6 W$

تطبيق 5

إنتاج الهليوم بتفاعل اندماج نووي

1- اكتب معادلة الاندماج النووي التي تعطي نواة الهليوم انطلاقاً من نواتي النظيرين 2_1H ، 3_1H .

2- احسب بوحدة MeV و بالجول مقدار الطاقة المتحررة من التفاعل.

- بالاستعانة بالجدول التالي الذي يعطي طاقة الربط النووي للنكليونات الواحد الموافق للعدد الكتلي A لنواة معينة:

العدد الكتلي (A)	1	2	3	4
طاقة النكليون (MeV)	0	1,1	2,5	7,0

✓ الحل :

(1) معادلة تفاعل الاندماج ${}^2_1H + {}^3_1H \longrightarrow {}^4_2He + \frac{1}{2}a$

حسب قانونا الانحفاظ يكون،

$$2 + 3 = 4 + A \rightarrow A = 1$$

$$1 + 1 = 2 + Z \rightarrow Z = 0$$

فالجسيم المنبعث أثناء التفاعل ${}_0^1a$ هو نيوترون ${}_0^1n$

(2) حساب طاقة التفاعل،

طاقة التفاعل هي الفرق بين طاقتي الربط النووييتين للدقائق النهائية والابتدائية، نجد ما يلي:

$$E({}^4_2He) = 7,0 \times 4 = 28 \text{ MeV}$$

$$E({}_0^1n) = 0$$

$$E({}^2_1H) = 1,1 \times 2 = 2,2 \text{ MeV}$$

$$E({}^3_1H) = 2,5 \times 3 = 7,5 \text{ MeV}$$

- الطاقة المتحررة من التفاعل هي،

$$E = 28 + 0 - 2,2 - 7,5 = 18,3 \text{ MeV} = 18,3 \times 10^{-13} = 2,93 \times 10^{-12} \text{ J}$$

تطبيق 6

طاقة الربط النووي للنوكليونات و استقرار النوى

نعتبر النكليدات الثلاثة ${}^{12}_6C$ ، ${}^{12}_5B$ ، ${}^{12}_7N$.

1- اعط تركيب أنوية هذه النكليدات.

2- (ا) احسب طاقة الربط النووي للنكليد ${}^{12}_6C$.

(ب) قارن النتيجة المحصل عليها بمثيلتها التي تخص النكليد ${}^{12}_5B$ ($6,7 \text{ MeV}$)

لنكليون الواحد و النكليد ${}^{12}_7N$ ($6,2 \text{ MeV}$).

3- علما أن $^{12}_6C$ مستقر و $^{12}_5B$ مشع لإشعاعات β^- ، $^{12}_7N$ مشع لإشعاعات β^+ - اكتب معادلة تحول كل من هذين النكليدين المشعين. يعطى: $(m_n = 939,6 \text{ MeV} \cdot C^{-2}$ ، $m_p = 938,3 \text{ MeV} \cdot C^{-2}$ ، $^{12}_6C = 11174,7 \text{ MeV} \cdot C^{-2}$)

✓ الحل :

(1) تركيب الذنوية:

عدد النيوترونات	عدد البروتونات	النكليدات
$12 - 5 = 7$	5	$^{12}_5B$
$12 - 6 = 6$	6	$^{12}_6C$
$12 - 7 = 5$	7	$^{12}_7N$

(2) حساب طاقة الربط النووي للنواة $^{12}_6C$

$$E_l = \Delta m \cdot C^2$$

$$= [(Zm_p + Zm_n) - m_C] \cdot C^2$$

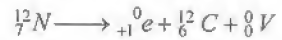
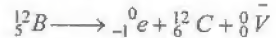
$$= C^2 [(6m_p + 6m_n) - m_C]$$

$$= 6(938,3 + 939,6) - 11174,7 = 92,7 \text{ MeV}$$

(ب) طاقة الربط النووي للنكليون الواحد في النواة $^{12}_6C$ هي $\frac{E_l}{A} = \frac{92,7}{12} = 7,7 \text{ MeV}$

فهي أكبر من طاقتي الربط النوويين للنكليون الواحد بالنواتين $^{12}_5B$ ($6,7 \text{ MeV}$) و $^{12}_7N$ ($6,2 \text{ MeV}$) ، فالنكليد $^{12}_6C$ هو الأكثر استقرارا من بقية النكليدين.

(3) معادلتا تحول النواتين $^{12}_5B$ ، $^{12}_7N$ ،



تطبيق 7 إيجاد الكتلة الذرية لتقدير الاعتماد على طاقة النكليون

التريتيوم 3_1H هو نظير للهيدروجين.

- احسب الكتلة الذرية لهذا النظير بوحدة الكتل الذرية u .

يعطى: $m_e = 0,0006 u$ ، $m_n = 1,0087 u$ ، $m_p = 1,0073 u$

$$1 u = 931,5 \text{ MeV} \cdot C^{-2} \quad , \quad \frac{E_l}{A} = 2,8 \text{ MeV}$$

✓ الحل :

- طاقة الربط النووي لنواة التريتيوم E_l هي :

$$\frac{E_l}{A} = 2,8 \longrightarrow E_l = 2,8 \times 3 = 8,4 \text{ MeV}$$

النقص في كتلة النواة،

$$\Delta m = \frac{E_l}{C^2} = 8,4 \text{ MeV} \cdot C^{-2} \text{ يكون } E_l = \Delta m \cdot C^2$$

$$\Delta m = \frac{8,4}{931,5} = 9,02 \times 10^{-3} u \text{ يكون } 1 u = 931,5 \text{ MeV} \cdot C^{-2}$$

و تكون كتلة الذرة الواحدة هي m بحيث،

$$\Delta m = m_p + 2 m_n + n_e - m$$

$$m = m_p + 2 m_n + m_e - \Delta m$$

$$= 1,0073 + 2 (1,0087) - 0,006 - 0,009 = 3,0163 u$$

استعمال منحني *Aston* في دراسة استقرار النوى

8 تطبيق

تهتم الدراسات الحالية بالتحولات النووية الممكن حدوثها لمزيج من النظيرين (د تريتيوم - تريتيوم). فمن هذه التحولات نجد أنه انطلاقا من نواتي ديتريوم

$${}^3_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2X + {}^1_0n \dots \dots \dots (1)$$

$${}^3_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2X + {}^1_1p \dots \dots \dots (2)$$

1- اعط من أجل التفاعلين (1) و (2) اسم ورمز النواتين الناتجتين 4_2X ، 4_2X

2- احسب بوحدة MeV طاقة الربط النووي لنواة التريتيوم

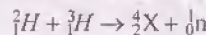
3- من أجل مقارنة استقرارية النوى فيما بينها فإننا نستعمل طاقة الربط

النووي للنيكليون الواحد $\left(\frac{E_l}{A}\right)$.

بالاستعانة بمنحني " استون " المرفق $f(A) = \frac{-E_l}{A}$ ، بين على هذا المنحنى

المواقع التي تصادف فيها الأنوية الأكثر استقرارا .

4- من التحولات النووية الاندماجية الأكثر حدة تصادف التفاعل التالي ،



فإذا كانت طاقة الربط النووي للنيكليون الواحد بنواة الديتريوم تقارب

$2,8 MeV$ المطلوب ،

(ا) بين على المنحنى موقع نواة التريتيوم

(ب) بالاعتماد على منحنى أستون أستنتج قيم طاقة الربط النووي للنكليون الواحد لكل من النواة ${}^4_2\text{He}$ و النواتين ${}^3_1\text{H}$ ، ${}^2_1\text{H}$
 5- بين أن الطاقة المتحررة في التفاعل (3) تكون مساوية القيمة 17.6 MeV
 (بكالوريا المغرب- 2005)

✓ الحل :

(1) بتطبيق قانوني الانحفاظ نجد انطلاقا من المعادلتين (1) و (2) ما يلي :

$$2+2=A_1+1 \rightarrow A_1=3$$

$$1+1=Z_1+0 \rightarrow Z_1=2 \quad \text{فالنواة } {}^A_{Z_1}X \text{ هي نواة النظير } {}^3_2\text{He} \text{ (هليوم).}$$

كذلك يكون ،

$$2+2=A_2+1 \rightarrow A_2=3$$

$$1+1=Z_2+0 \rightarrow Z_2=1 \quad \text{فالنواة } {}^A_{Z_2}X \text{ هي نواة النظير } {}^3_1\text{H} \text{ (تريتيوم).}$$

(2) طاقة الربط النووي للنواة ${}^3_1\text{H}$ ،

$$E_l = [(m_p + 2m_n) - m_{{}^3_1\text{H}}] \cdot C^2$$

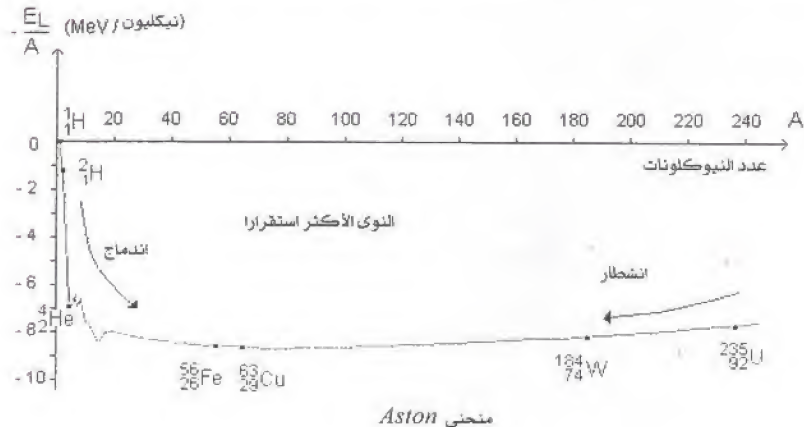
$$= [(1,00728 + 2(1,00866) - 3,01550) \times 1,66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2]$$

$$= 9,1 \times 10^{-3} \times 1,66 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 1,36 \times 10^{-12} \text{ J} = \frac{1,36 \times 10^{-12}}{1,6 \times 10^{-13}} = 8,5 \text{ MeV}$$

(3) تملك النوى الأكثر استقرارا طاقة ربط نووي للنكليون الواحد $\frac{E_l}{A}$ أكبر ما يمكن

بالتالي فهي تملك القيم $\frac{-E_l}{A}$ الأقل (لاحظ الجزء المظلل في البيان التالي).



(4) موقع نواة الثريتيوم كما في الشكل المرفق.

(ب) من البيان يكون:

$$-\frac{E_l}{A}({}^4_2\text{He}) \approx -7 \text{ MeV}$$

$$-\frac{E_l}{A}({}^3_2\text{He}) \approx -2,8 \text{ MeV}$$

$$-\frac{E_l}{A}({}^2_1\text{H}) \approx -1,1 \text{ MeV}$$

(5) الطاقة المتحررة من التفاعل (3) هي :

$$\begin{aligned} E &= \left[\frac{E_l}{A}({}^3_1\text{H}) \times A + \frac{E_l}{A}({}^2_1\text{H}) \times A \right] - \left[\frac{E_l}{A}({}^4_2\text{He}) \times A \right] \\ &= 2,8 \times 3 + 2 \times 1,1 - 4 \times 7 \\ &= -17,4 \text{ MeV} \end{aligned}$$

$E < 0$ فالجملة تفقد طاقة أثناء التفاعل يتلقاها الوسط الخارجي.

تمارين و مسائل



1 طاقة الربط النووي للنيكليون الواحد في ذرة اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ هي $7,7 \text{ MeV}$ $\frac{E_l}{A}$.

إذا كان $1 u = 931,5 \text{ MeV} \cdot C^{-2}$ ، $m_p = 1,0073 u$ ، $m_n = 1,0087 u$

1- اعط تركيب نواة اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$.

2- احسب كتلة النواة المذكورة بوحدة الكتل الذرية (u).

الجواب :

$$m_0 = 234,973 u$$

2

(ا) لماذا تكون الطاقة الناشئة عن تفاعل نووي من الضخامة بحيث تهمل امامها

الطاقة الناشئة عن تفاعل كيميائي عادي حتى ولو كان شديدا جدا ؟

(ب) يقال ان الطاقة الشمسية مصدرها تفاعلات اندماج نووية تحدث داخلها وتفقد

الشمس نتيجة ذلك $4 \times 10^6 T$ من كتلتها في كل ثانية. هل تتوقع ان تفنى الشمس في زمن ما ؟ احسب الاستطاعة الإشعاعية للشمس.

الجواب :

$$P = 36 \times 10^{19} \text{ MT}$$

3

يتشكل الماء حسب المعادلة التالية $H_2 + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow H_2O + 289000 (J)$

و يحترق الفحم لتكوين غاز الفحم حسب المعادلة $C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 94000 (J)$

- احسب مقدار النقص في الكتلة الموافق لكل تفاعل.

الجواب :

$$4,36 \times 10^{-12} \text{ Kg} , 12 \times 10^{-13} \text{ Kg}$$

4

احسب بالميكا إلكترون فولط، طاقة الارتباط النووي لنواة الكالسيوم $^{40}_{20}\text{Ca}$ حيث:

$$^{40}_{20}\text{Ca} = 39,96269 u \text{ (يحصل على بقية الثوابت من المواضيع السابقة).}$$

5

احسب طاقة الارتباط النووي لنول واحد من ذرات الهليوم ^4_2He مقدرة بالجول، ثم بالكيلوواط ساعي و ب MeV .

$$\text{يعطى: } ^4_2\text{He} = 4,0026 u , ^1_1\text{H} = 1,00782 u , ^1_0\text{n} = 1,00867 u$$

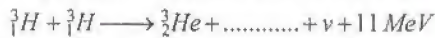
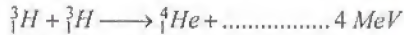
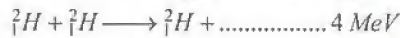
الجواب :

$$E = 273,6 \times 10^{10} J = 7 \times 10^5 Kw/h$$

$$= 7,1 \times 10^{25} MeV$$

6

يمكن أن تتحد نوى نظائر الهيدروجين أثناء التفاعلات التي تحدث في القنبلة الهيدروجينية كما يلي:



- اكمل المعادلات واحسب النقص في الكتلة الموافق لكل اندماج نووي.

7

البزموت ${}^{210}_{83}Bi$ عنصر مشع ويصدر اشعة β^- .

1- اكتب معادلة التحول، ثم بين من بين النوى التالية تلك التي تنتج عن إشعاع

البزموت: ${}^{82}_{82}Pb$ ، ${}^{83}_{83}Bi$ ، ${}^{84}_{84}PO$ ، ${}^{85}_{85}At$ ، ${}^{86}_{86}Rn$ ، ${}^{87}_{87}Fr$

2- احسب الطاقة المتحررة عن هذا التفاعل.

يعطى: ${}^{210}_{84}PO = 210,04962 u$ ، ${}^{210}_{83}Bi = 210,050877 u$

${}^{206}_{82}Pb = 206,039957 u$ ، ${}^{209}_{83}Bi = 209,046859 u$

الجواب :

$$0,66 MeV$$

8

تستهلك محطة توليد كهربائية $1600 T$ يوميا من وقود ينشر الكيلوغرام الواحد

منه حرارة قدرها $4 \times 10^7 J$. لو أن موقد هذه المحطة كان قادرا على تحويل المادة إلى

طاقة، لكان وقوده المادة بالذات و لكان استهلاكه أقل بكثير، احسب مقدار هذا

الاستهلاك.

الجواب :

$$0,71 g$$

9

عنصر كيميائي يقع في السطر 3 العمود 5 من الجدول الدوري.

1- أوجد عدده الذري Z .

2- نحصل على النواة السابقة 4_2X بقذف النواة المستقرة ${}^{27}_{13}Al$ بأشعة α مما يؤدي

إلى انبعاث نيوترون.

ا) احسب طاقة التفاعل النووي الحادث واستنتج قيمة العدد A .

- (ب) احسب طاقة التفاعل مقدرة بوحدة MeV .
 (ج) أوجد الطاقة المتحررة عن تفاعل مول واحد من الذرات.
 3- احسب كمية الفحم المحترقة (مقدرة بالطن) الذي يمكنه نشر نفس الكمية السابقة من الحرارة المتحررة عن تفاعل مول واحد في التفاعل النووي السابق، علماً أن احتراق مول واحد من الفحم ينشر طاقة حرارية قدرها $393100 J$.
 يعطى، ${}^{27}_{13}Al = 26,9815 u$ ، ${}^4_2He = 4,0026 u$ ، ${}^1_0n = 1,00867 u$ ، ${}^4_2X = 29,96524 u$
 الجواب :

1 - $Z = 15$
 2 - (أ) $A = 30$ (ب) $E = 9,152 MeV$
 (ج) $E = 350,27 \times 10^{10} J$
 3 - $m \cong 107 T$

- 10* تنشطر نواة اليورانيوم ${}^{236}_{92}U$ حسب المعادلة ${}^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{95}_{42}Mo + {}^{139}_{57}La + X (a)$ حيث X عدد الدقائق a المنبعثة.
 (أ) احسب العدد X و بين طبيعة a .
 (ب) احسب طاقة التفاعل النووي الحادث، إذا كان النقص الموافق في الكتلة هو $0,2218 u$
 الجواب :
 $E = 206,46 MeV$

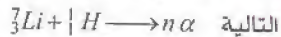
- 11* في تفاعل تسلسلي لنواة اليورانيوم ${}^{235}_{92}U$ الذي يحدث نتيجة قذف النواة بنيوترون تنتج النواة ${}^{236}_{92}U^*$ التي تنقسم بدورها إلى نوى أخرى وتنبعث عدة نيوترونات تصيب بدورها نوى أخرى من النوع ${}^{235}_{92}U$ وهكذا ... بحيث تكون طاقة كل انقسام نووي مقدرة بحوالي $200 MeV$.
 - احسب الطاقة المتحررة عن مول واحد من الذرات، ثم استنتج الطاقة الناشئة عن تفاعل $10 Kg$ من اليورانيوم ${}^{235}_{92}U$. (${}^{235}_{92}U = 235,0423 u$) .

- 12* الفحم الطبيعي خليط من النظيرين ${}^{12}_6C$ ، ${}^{13}_6C$ بالنسبتين $x\%$ ، $y\%$ على الترتيب.

- إذا كانت الكتلة الذرية المتوسطة للفحم الطبيعي هي $12,01 u$ فاجد x ، y .
- حدد موقع هذين النظيرين في الجدول الدوري.
- عنصر آخر X يقع في السطر 2 من الجدول الدوري.
- اعط رقمه الذري Z و اذكر الفئة الكيميائية التي ينتمي إليها .
- تقذف النواة 4_2X بأشعة α فينتج النظير ${}^{13}_6C$ و ينبعث نيوترون .
- استنتج هوية النكليد 4_2X .

ب) احسب طاقة التفاعل النووي الحادث مقدرة بوحدة MeV .
يعطى: ${}_0^1n = 1,00867 u$ ، ${}_2^4He = 4,0026 u$ ، ${}_2^4X = 0,0122 u$

*** 13 يمكن الحصول على دقائق α بقذف نواة الليثيوم ${}_3^7Li$ بروتون حسب المعادلة



- عين عدد الدقائق α ، و احسب طاقة التفاعل بوحدة MeV .

يعطى: ${}_3^7Li = 7,016 u$ ، $m_\alpha = 4,0026 u$ ، ${}_1^1H = 1,0073 u$

$$1 eV = 1,6 \times 10^{-19} J$$
 ، $1 u = 1,67 \times 10^{-27} Kg$

(1-2) تنبعث دقائق (α) التي شحنتها He^{++} من النقطة O حيث توجد عينة من

الراديو مشع بسرعة ابتدائية \vec{v}_0 تحت تأثير فرق كمون مسرع $u = 2 \times 10^6 V$ نحو

صفحة O_1 بحيث يكون $|u| = u_O - u_{O_1}$ يوجد وراء اللوح O_1 لوح آخر O_2 له نفس

كمون اللوح O_1 . بين طبيعة حركة الدقائق في المجال (O, O_1) ، ثم (O_1, O_2) .

ب) اللوح O_2 عبارة عن صفحة معدنية تمكننا من حساب الطاقة الحركية المكتسبة

للدقيقة α فتكون $E_{C_2} = 33 MeV$. بين كيف يمكننا حساب الطاقة الحركية

بواسطة هذه الصفحة، ثم استنتج مقدار السرعة الابتدائية \vec{v}_0 ، و كذلك السرعة \vec{v}_2

عند النقطة O_2 .

*** 14 ينتج نظير الراديوم ${}_{88}^{226}Ra$ من إشعاع لنواة اليورانيوم ${}_{92}^{238}U$.

1- احسب كتلة النيوكليونات الموجودة بنواة الراديوم.

2- احسب النقص في نواة الراديوم.

3- احسب بوحدة MeV و بالجول طاقة الربط النووي لنواة الراديوم.

4- ما هي الطاقة الواجب توفرها لتفكيك نواة الراديوم إلى نيوكليونات حرة ساكنة ؟

ما هي طاقة الربط للنكليون الواحد ؟

يعطى: $m({}_{88}^{226}Ra) = 225,97709 u$ ، $m_n = 1,00866 u$

$$1 u = 1,66055 \times 10^{-27} Kg$$
 ، $m_p = 1,00728 u$

الحجاب

$$m = 227,83572 u$$

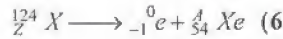
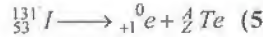
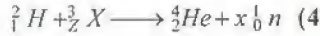
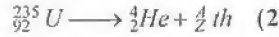
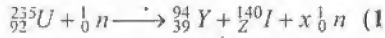
$$\Delta m = 1,85863 u$$

$$E_f = 17313 MeV$$
 ، $E_f = 2,7738 \times 10^{-27} Kg$

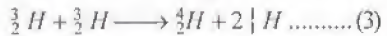
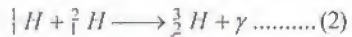
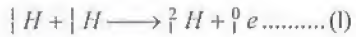
$$\frac{E_f}{A} = 7,66 MeV$$

15 اكمل معادلات التحولات النووية التالية مبينا طبيعتها (إشعاع α ، β^+ ، β^-)

تفاعل انشطار، تفاعل اندماج) .



في درجة الحرارة $\theta = 1,5 \times 10^7 \text{ K}$ تحدث تفاعلات الالتحام التالية بمركز الشمس الملتهم:



1- بالاعتماد على هذه المعادلات، اعط المعادلة الإجمالية التي تعبر عن حسيطة التفاعل الحادث في هذا النجم الملتهم.

2- احسب الطاقة المتحررة من تشكّل نواة هليوم واحدة ثم من 1 g من الهليوم.

3- الاستطاعة الإشعاعية للشمس هي $3,9 \times 10^{26} \text{ W}$ ، بفرض أن كل الطاقة الناشئة عن التفاعلات الحادثة تتحول إلى إشعاعات.

(أ) احسب كتلة الهليوم المتشكل في كل ثانية.

(ب) احسب النقص في كتلة الشمس في كل ثانية.

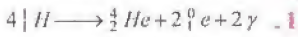
(ج) إذا كان متوسط عمر الشمس هو $4,6 \times 10^9$ مليار سنة.

و أن كتلتها الحالية هي $2 \times 10^{30} \text{ Kg}$.

- ما هي الكتلة التي ضاعت من الشمس منذ بداية إشعاعها ؟

يعطى ، $m({}^2\text{H}) = 2,01355 \text{ u}$ ، $m({}^3\text{H}) = 3,014934 \text{ u}$ ، $m_e = 0,00055 \text{ u}$

الاجواب :



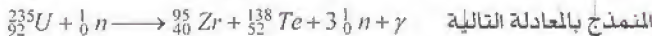
$$E = 5,9 \times 10^5 \text{ MJ} \quad 2$$

$$m = 135 \text{ Kg} \quad 3$$

$$\Delta m = 4,3 \times 10^9 \text{ Kg} \cdot \text{S}^{-1} \quad (ب)$$

$$6,24 \times 10^{26} \text{ Kg} \quad (ج)$$

تشتغل محركات إحدى الغواصات النووية بالطاقة الناشئة عن تحول اليورانيوم



1- احسب النقص في نواة اليورانيوم أثناء هذا التحول.

2- (ا) احسب الطاقة المتحررة عن هذا التفاعل. كيف تظهر هذه الطاقة ؟

(ب) احسب كتلة اليورانيوم المستهلك خلال 30 يوم من إنتقال الغواصة، علما أن محركاتها تقدم استطاعة حرارية متوسطة قدرها 25 Mw .

3- علما أن النواتين التشكلتين في التفاعل السابق تشعان بالإشعاعات β^- .

(ا) اكتب معادلتى تحويلهما، علما أن النواتين الناتجتين تكونان على الترتيب نظيرتين لـ I ، Nb .

(ب) احسب الطائقتين المتحررتين من هذين التفاعلين.

يعطى: $m(^{95}_{40}\text{Zr}) = 94,88604 u$ ، $m(^{235}_{92}\text{U}) = 234,99933 u$

$m(^{138}_{52}\text{I}) = 137,89324 u$ ، $m(^{138}_{52}\text{Te}) = 137,90067 u$

$m_e = 0,00055 u$ ، $m(^{95}_{41}\text{Nb}) = 94,88429 u$

 الجواب :

1. $\Delta m = 0,18935 u$

2. (ا) $176,4 \text{ MeV}$

(ب) $E = 6,48 \times 10^{13} \text{ J}$ ، $m = 0,9 \text{ Kg}$

3. (ب) $E_2 = 636 \text{ MeV}$ ، $E_1 = 1,12 \text{ MeV}$

تطور التيار

الكهربائي

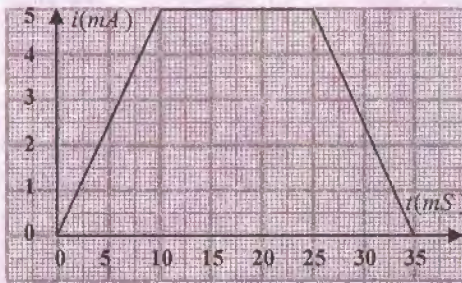
في الدارة

R, L



تطبيقات نموذجية

تطبيق 1: التوتر الكهربائي بين طرفي وشيعة نتيجة مرور تيار معين



وشيعة ذاتيتها $L = 0,1$ H ومقاومتها مهملة.

نجعل تيارا متغير الشدة يجتازها كما في الشكل.

1- اكتب عبارة التوتر اللحظي $u(t)$

المطبق بين طرفيها.

2- أوجد التوترات المطبقة في المجالات الزمنية المبينة بالشكل.

3- احسب الطاقة الكهربائية الكلية المخزنة في الوشيعة في اللحظة $t = 25$ ms

- هل يوجد ضياع لهذه الطاقة بفعل جول في تلك اللحظة ؟

✓ الحل :

1) التوتر الكهربائي بين طرفي الوشيعة في لحظة معينة $u = L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i$

مقاومة الوشيعة مهملة فيكون $u = L \cdot \frac{di}{dt}$

2) العبارات اللحظية في مختلف المجالات الزمنية:

- في المجال $[0, 10 \text{ ms}]$ يكون التيار خطيا من الشكل $i(t) = at$

فيكون $\frac{di}{dt} = a$ حيث a هو ميل المستقيم ، حيث يكون:

$$a = \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{5 \times 10^{-3} - 0}{10 \times 10^{-3} - 0} = 0,5$$

ومنه نجد $u_1(t) = 0,1 \times 0,5 = 0,05 \text{ V}$

- في المجال $[10 \text{ ms}, 25 \text{ ms}]$ يكون التيار ثابت الشدة فنجد:

$$u_2(t) = 0 \text{ و ينتج أن } \frac{di}{dt} = 0$$

و ذلك لإهمال مقاومة الوشيعة التي تلعب دور سلك ناقل فقط ولا تتعرض لكون التيار ثابتا.

- في المجال $[25 \text{ ms}, 35 \text{ ms}]$ يكون التيار خطيا من الشكل $i(t) = a't + b$

حيث يكون $\frac{di}{dt} = a' = -a = -0,5$ فينتج $u_3(t) = -0,05 \text{ V}$

$$E = \frac{1}{2} L \cdot i^2 + r \cdot i^2 \quad (3) \text{ حساب طاقة الوشيعية}$$

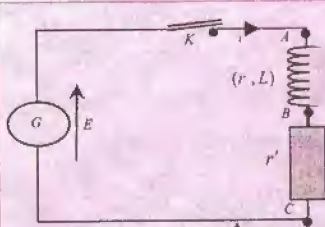
- مقاومة الوشيعية مهمة فلا يوجد ضياع في الطاقة بفعل جول و تكون الطاقة الموجودة مخزنة على شكل طاقة كهرومغناطيسية تظهر أثناء تفريغ الوشيعية على شكل شرارة كهربائية:

$$E = E_m = \frac{1}{2} L \cdot i^2$$

$$= \frac{1}{2} (0,1) (5 \times 10^{-3})^2 = 12,5 \times 10^{-6} \text{ J}$$

دراسة تطور التيار الكهربائي المار بوشيعية

تطبيق 2



باستعمال مولد G يعطي توترا ثابتا E و
 وشيعية (L, r) وناقل أومي مقاومته (r')
 نحقق التركيب الجانبي (شكل-1).

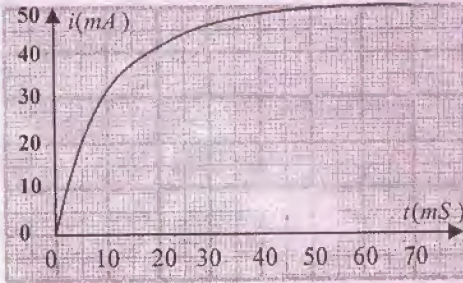
1- اكتب المعادلة التفاضلية للدارة عند غلقها
 ثم اعط العبارة اللحظية $i(t)$ للتيار المار.

2- نريد أن نشاهد على شاشة

جهاز راسم الاهتزاز المهبطي شكل التيار المار بالدارة: (شكل-1)

- بين كيف نوصل هذا الجهاز بالدارة.

3- يبين (الشكل-2) منحنى التيار المار $i(t)$ في الدارة المذكورة.



1) ارسم المماس لهذا المنحنى
 عند اللحظة $t = 0$ ، ثم
 استنتج قيمة ثابت الزمن
 للدارة.

2) ما هي اللحظة t_1 التي

تجعل $i = 0,63 I$ ؟

3- إذا كان التوتر

الذي يعطيه المولد هو

$E = 6 \text{ V}$ فاستنتج:

1) مقاومة الدارة R و مقاومة الوشيعية r إذا كانت $r' = 110 \Omega$.

2) ذاتية الوشيعية L .

✓ الحل :

1) المعادلة التفاضلية للدارة:

$$E = u_{AB} + u_{BC} \quad \text{أي أن} \quad E = L \cdot \frac{di}{dt} + (r + r') i$$

بوضع $R = r + r'$ مقاومة الدارة يكون $E = L \frac{di}{dt} + Ri$

بالقسمة على R يكون $\frac{E}{R} = \frac{L}{R} \frac{di}{dt} + i$

فإذا كان $\frac{E}{R} = I_0$ الشدة العظمى للتيار و

كان $\tau = \frac{L}{R}$ ثابت الزمن للدارة فإنه يكون

$$I_0 = \tau \frac{di}{dt} + i$$

وهي المعادلة التفاضلية للدارة المهتزة (R, L) .
و يعطي حل هذه المعادلة النتيجة

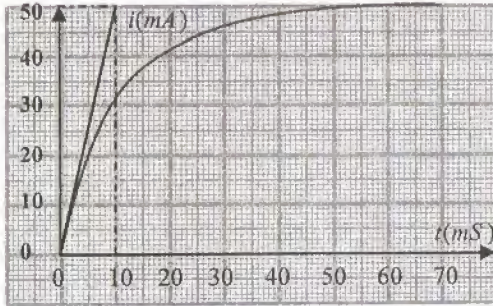
$$i(t) = I_0 (1 - e^{-t/\tau})$$

(2) مشاهدة المنحنى $i(t)$

لمشاهدة المنحنى $i(t)$ على شاشة جهاز راسم الاهتزاز المهيبط فإنه يكفي مشاهدة منحنى التوتر المطبق بين طرفي الناقل الأومي $u_{BC}(t)$ لأنه يتناسب مع التيار و من أجل ذلك فإنه يجب وصل النقطة C بأرضي الجهاز و النقطة B بأحد مدخلي الجهاز (Y) . (شكل-3)

حيث يكون $i(t) = \frac{u_{BC}}{r}$

(3) عند رسم المماس في اللحظة $t = 0$ للمنحنى $i(t)$ نحصل على (الشكل-4).



(شكل-4)

إن المماس المذكور يمر من النقطة (τ, I_0) فيكون حسب الشكل

$$\tau = 10 \text{ ms}$$

(ب) من البيان يكون أيضاً:

$$i = 0,63 I = 0,63 \times 50 = 31,5 \text{ mA}$$

$$t_1 = 10 \text{ ms} = \tau$$

(4) مقاومة الدارة ومقاومة الوشيعية:

- مقاومة الدارة R :

$$R = \frac{E}{I_0} = \frac{6}{50 \times 10^{-3}} = 120 \Omega$$

- مقاومة الوشيعية r :

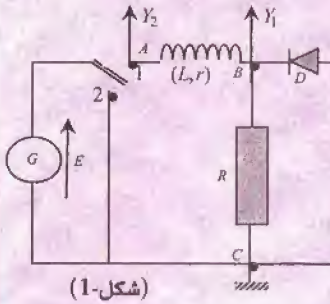
$$R = r + r' \longrightarrow r = R - r' = 120 - 110 = 10 \Omega$$

(ب) ذاتية الوشيعية L :

- من عبارة ثابت الزمن للدارة $\tau = \frac{L}{R}$ يكون:

$$L = R \cdot \tau = 120 \times 10 \times 10^{-3} = 1,2 \text{ H}$$

دراسة الظواهر الناشئة عن انقطاع التيار بالوشيجة



(شكل-1)

تحقق التركيب الجانبي (شكل-1).

1- بين ماذا يمكن مشاهدته على شاشة جهاز راسم الاهتزاز المهبطي الموصل بالدارة باستعمال المدخلين Y_1 ، Y_2 عندما تكون الدارة مغلقة ؟

2- نضع القاطعة على الوضع- 1 .

اشرح ما يحدث، و استنتج الشدة

العظمى للتيار I_0 علما ان

$$r = 8 \Omega ; R = 172 \Omega ; E = 9V$$

3- نفتح الآن القاطعة فجأة :

(ا) ما هي الظواهر الملاحظة ؟ ما هو دور ثنائي المساري (D) الموجود بالدارة ؟

(ب) اعط العبارة

(i) للتوتر المطبق

بين طرفي المقاومة R .

(ج) بمساعدة

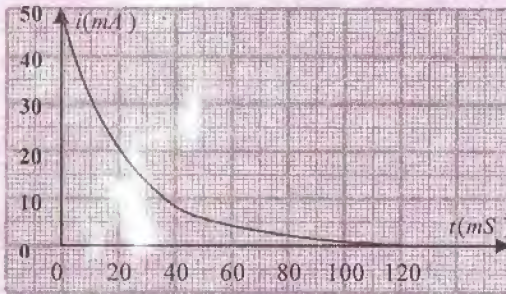
الحاسوب تمكنا من

رسم بيان التيار المار

بثنائي القطب

(R,L) فحصلنا

على (الشكل-2).



(شكل-2)

استنتج من ذلك: - الشدة العظمى للتيار المار و قيمة τ .

- قيمة الشدة $i(\tau)$ - قيمة الذاتية (L) للوشيجة .

✓ الحل :

1) المشاهدة على شاشة جهاز راسم الاهتزاز المهبطي:

- على المدخل Y_1 : التوتر u_{BC} بين طرفي الناقل الأومي.

- على المدخل Y_2 : التوتر الكلي u_{AC} بين طرفي الدارة.

2) القاطعة على الوضع- 1 يحدث وصل الوشيجة والناقل الأومي بالمولد، فتخزن الوشيجة طاقة

كهرومغناطيسية معينة. وتكون الشدة العظمى لتيار المار هي:

$$I_0 = \frac{E}{r+R}$$

$$= \frac{9}{8+172} = 0,05 A = 50 m A$$

3 (1) القاطعة مفتوحة:

يصبح المولد خارج الدارة و يحدث تفريغ للوشية في الناقل الأومي حيث تتعرض تلقائيا لتصبح مولدا، و يرتفع التوتر بين طرفيها كثيرا إلا أن وجود ثنائي المساري (D) بالدارة يحميها من التيار المتعرض المعاكس.

(ب) عبارة التوتر $u(t)$ بين طرفي المقاومة R :

يتناقص التيار بشكل دالة أسية:

$$u_{BC} = -u_0 e^{-t/\tau} = -E \cdot e^{-t/\tau}$$

(ج) من البيان يكون

$$|I_0| = 50 \text{ mA}$$

- عند رسم المماس في

اللحظة $t = 0$ للمنحنى $i(t)$ نجد

أنه يقطع محور الفواصل في

النقطة $\tau = 20 \text{ ms}$.

- حساب $i(\tau)$:

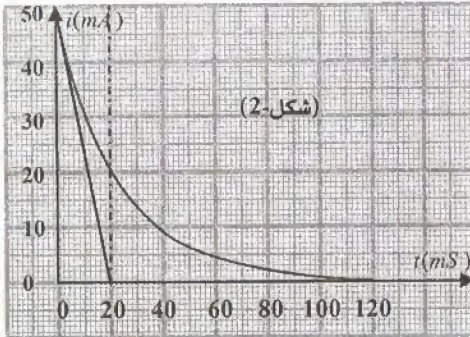
$$i(t) = \frac{u_{BC}(t)}{r+R} = -\frac{E}{r+R} \cdot e^{-t/\tau} = -I_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

$$i(\tau) = -I_0 \cdot e^{-1} = -0,37 I_0 = -0,37 \times 50$$

$$= 18,5 \text{ mA}$$

- حساب ذاتية الوشية L :

$$L = (r+R) \tau = 180 \times 20 \times 10^{-3} = 3,6 \text{ H} \quad \text{يكون} \quad \tau = \frac{L}{r+R} \quad \text{من العلاقة}$$



تطبيق 4 الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة بوشية - منحنيات التوتر

نجعل تيارا متغير الشدة كما في (الشكل 1)

يجتاز وشية ذاتيتها

$L = 0,10 \text{ H}$ ومقاومتها

مهملة.

1- ما هو دور التيار المار T ؟

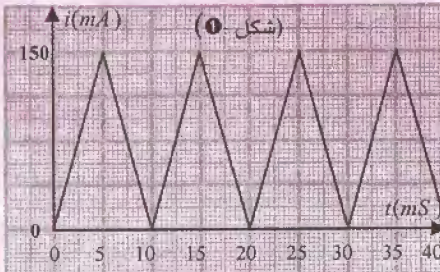
2- احسب الطاقة

الكهرومغناطيسية المخزنة

في الوشية في اللحظتين $T, \frac{T}{4}$

3- أوجد التوتر المطبق بين

طرفي الوشية خلال نصفي الدور الأول و الثاني.



- 4- نريد ان نشاهد في المجال $[0, 40 \text{ ms}]$ التوتر $u(t)$ المطبق بين طرفي الوشعة
على شاشة جهاز راسم الاهتزاز المهبطي.
- ارسم التركيب المناسب، ثم ارسم المنحنيات التي تظهر على شاشة هذا الجهاز عندما تعدل المدخل Y على ما يلي:
- المسح الأفقي (الوحدة $\leftarrow 2,5 \text{ ms}$) ، حساسية المدخل (الوحدة $\leftarrow 1,5 \text{ V}$).

✓ الحل :

(1) دور التيار هو $T = 10 \text{ ms}$.

(2) الطاقة الكهرومغناطيسية المخزنة بالوشعة $E_m = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2$

$$E\left(\frac{T}{4}\right) = \frac{1}{2} \times 0,10 \times (75 \times 10^{-3})^2 = 281,25 \times 10^{-6} \text{ J}$$

$$E(T) = 0$$

(3) توتر الوشعة $u(t) = L \cdot \frac{di}{dt}$

التيار المار خطي فيكون التغير منتظما $u(t) = L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}$

- ففي النصف الأول من الدور $\frac{T}{2}$ يكون $\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{150-0}{5-0} = 30$

$$u_1 = 0,10 \times 30 = 3 \text{ V} \text{ ومنه نجد}$$

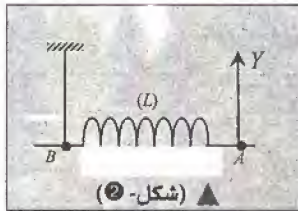
- وفي النصف الثاني من الدور يكون:

$$\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{0-150}{10-5} = -30$$

$$u_2 = 0,10(-30) = -3 \text{ V} \text{ ومنه نجد}$$

(4) مشاهدة التوتر $u(t)$:

نصل أحد مدخلي الجهاز (Y) بين طرفي الوشعة (A) ،

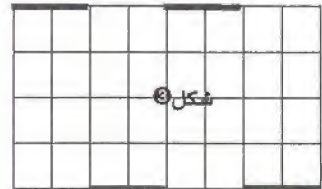


و نصل الطرف الآخر (B) بأرضي الجهاز كما في الشكل الجانبي (شكل-2).

و حينئذ تظهر منحنيات التوتر $u(t)$ على شاشة الجهاز كدوال ثابتة حسب النتائج التي تحصلنا عليها سابقا. (شكل-3) و باستعمال المقياس

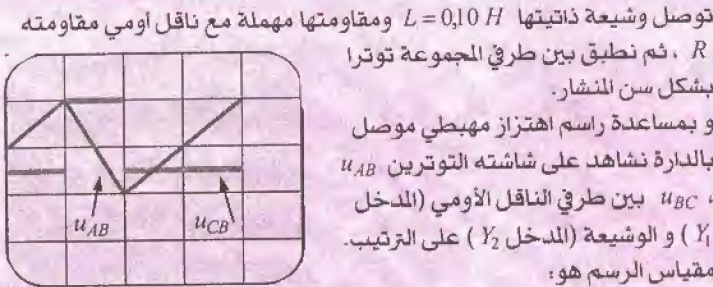
المعطى - أفقيا: $2,5 \text{ ms / Div}$

- شاقوليا: $1,5 \text{ V / Div}$



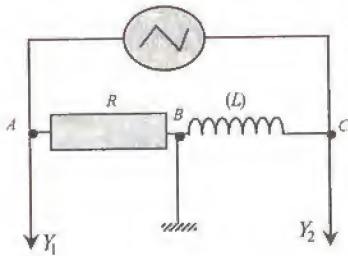
5 تطبيق

تطبيق توتر بشكل سن المنشار على وشيعة



توصل وشيعة ذاتيتها $L = 0,10 H$ ومقاومتها مهملة مع ناقل أومي مقاومته R ، ثم نطبق بين طرفي المجموعة توترا بشكل سن المنشار .
و بمساعدة راسم اهتزاز مهيطي موصل بالدارة نشاهد على شاشته التوترين u_{AB} ، u_{BC} بين طرفي الناقل الأومي (المدخل Y_1) و الوشيعة (المدخل Y_2) على الترتيب .
مقياس الرسم هو :
- افقيا ، $1 ms / Div$ ، - شاقوليا ، $(Y_1) 1V / Div$ ، $(Y_2) 20V / Div$.
1- ارسم مخطط الدارة ، ثم بين كيف يمكنك تفسير المنحنيات التي تظهر على شاشة الجهاز ؟
2- استنتج قيمة المقاومة R .

✓ الحل :



1) مخطط الدارة حسب الشكل المرفق .
إذا كان $u_R = u_{AB}$ التوتر المطبق بين طرفي الناقل الأومي فإن :
 $u_L = u_{BC} = -u_{CB}$ يمثل التوتر المطبق بين طرفي الوشيعة و يكون $u_{AB} = R \cdot i$ ومنه $i = \frac{u_{AB}}{R} \dots \dots \dots (1)$
فالتيار (i) يتناسب مع التوتر u_{AB} و يكون له نفس الشكل .
- فتطبيق توتر بشكل سن المنشار يعطي توترا له نفس الشكل . كذلك يكون

$$u_{CB} = -u_L = -L \frac{di}{dt} \dots \dots \dots (2)$$

من العلاقة (1) يكون $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R} \cdot \frac{du_{AB}}{dt}$ بالتعويض في العلاقة (2) نجد ما يلي :

$$u_{CB} = -L \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{du_{AB}}{dt} = \frac{-L}{R} \cdot \frac{du_{AB}}{dt} \dots \dots \dots (3)$$

و حيث أن u_{AB} يكون بشكل سن المنشار (دالة خطية) فإنه يكون :

$$u_{AB} = a_1 t \longrightarrow \frac{du_{AB}}{dt} = a_1 \quad \text{في المجال الأول}$$

$$u_{AB} = -a_2 t + b \longrightarrow \frac{d u_{AB}}{d t} = -a_2 \text{ في المجال الثاني}$$

$$u_{AB} = a_3 t + b' \longrightarrow \frac{d u_{AB}}{d t} = a_3 \text{ في المجال الثالث}$$

بالتعويض في العلاقة (3) نحصل على العبارة اللحظية لـ u_{CB} :

$$u_{CB}(1) = -\frac{L}{R} \cdot a_1 = \lambda_1 = Cte \quad (\lambda_1 < 0)$$

$$u_{CB}(2) = -\frac{L}{R} \cdot (-a_2) = +\frac{L}{R} \cdot a_2 = \lambda_2 = Cte \quad (\lambda_2 > 0)$$

$$u_{CB}(3) = -\frac{L}{R} \cdot (a_3) = -\frac{L}{R} \cdot a_3 = \lambda_3 = Cte \quad (\lambda_3 < 0)$$

فالنحنيات u_{CB} تظهر على الشاشة بشكل قطع مستقيمة.

(2) استنتاج قيمة المقاومة R :

$$u_{CB} = -\frac{L}{R} \cdot a_1 \longrightarrow R = -\frac{L \cdot a_1}{u_{CB}} \text{ يكون } [0, 1 \text{ ms}]$$

$$a_1 = \frac{\Delta u_{CB}}{\Delta t} = \frac{1-0}{(1-0) \times 10^{-3}} = 10^3 \text{ فيكون } u_{CB} \text{ مستقيم}$$

$$u_{CB}(1) = -\frac{1}{2} \times 20 = -10 \text{ V} \text{ و يكون حسب المقياس}$$

$$R = -0,10 \times \frac{10^3}{-10} = 10 \Omega \text{ نحصل على ما يلي}$$

دراسة تطور التيار الكهربائي المار بشنائي قطب (R, L)

6 تطبيق

باستعمال وشيعة (L, r) و ناقل أومي R و مولد (E) للتيار المستمر نحقق التركيب الجانبي بالاستعانة بجهاز راسم اهتزاز مهبطي من أجل القيمتين:

النحنين ①، ② اللذين يظهران على شاشة جهاز راسم الاهتزاز المهبطي.

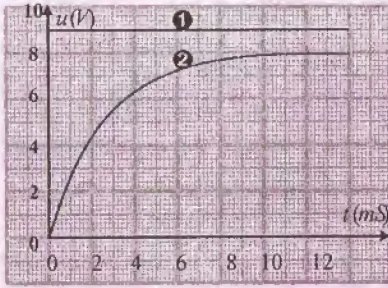
1- ما طبيعة المنحنين ①، ② ؟

2- كيف يمكننا إيجاد التيار الكهربائي الذي يمر بالدارة ؟

- ما هي شدة هذا التيار عند الوصول إلى حالة الإشباع ؟

3- احسب في اللحظة $t = 0$ المقدار $\frac{di}{dt}$.

4- أعط المعادلة التفاضلية للدارة، ثم استنتج قيمة ذاتية الوشيعة (L) وكذلك قيمة مقاومة الولد r.



ب) يعطي حل المعادلة التفاضلية للدائرة

$$i(t) = I_0 (1 - e^{-t/\tau})$$

- أوجد $i(\tau)$. ما هي قيمة

ثابت الزمن τ من البيان ؟

ج) احسب القيمة النظرية لـ τ .

- هل توافق هذه القيمة ما

وجدته من البيان ؟

✓ الحل :

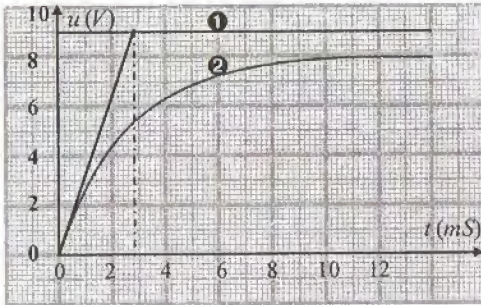
(1) طبيعة المنحنيين (1) و (2) :

- على المدخل Y_1 نشاهد منحنى التوتر الكلي المطبق بين طرفي المولد u_{AC} وهو ثابت قيمته $E = 9V$ المنحنى (1).

- و على المدخل Y_2 نشاهد منحنى التوتر المطبق بين طرفي الناقل الأومي u_{BC} .
(2) التيار الكهربائي المار بالدائرة :

بالاعتماد على التوتر u_{BC} بين طرفي الناقل الأومي يكون $i = \frac{u_{BC}}{R}$

- عند الوصول إلى حالة الإشباع تكون الشدة العظمى لتيار الدارة هي حسب المنحنى (2)



$$I_0 = \frac{u_{BC(max)}}{R} = \frac{9}{20} = 0,4 A$$

(3) حساب المقدار $\frac{di}{dt}$ في اللحظة $t=0$:

$$\frac{du_{BC}}{dt} = R \cdot \frac{di}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{R} \cdot \frac{du_{BC}}{dt}$$

ومنه يكون :

$$\frac{di}{dt} = \frac{1}{R} \cdot \frac{du_{BC}}{dt} \dots \dots \dots (1)$$

فالمقدار $\frac{du_{BC}}{dt}$ يمثل ميل المماس

للمنحنى u_{BC} ففي اللحظة $t=0$ يمس المماس المنحنى u_{BC} و يمر من النقطة $(3 ms, 9 V)$

$$\left. \frac{du_{BC}}{dt} \right|_{t=0} = \frac{\Delta u_{BC}}{\Delta t} = \frac{9-0}{3 \times 10^{-3}} = 3 \times 10^3 V.S^{-1}$$

$$\left(\frac{di}{dt} \right)_{t=0} = \frac{1}{20} \times 3 \times 10^3 = 150 A.S^{-1}$$

(4) المعادلة التفاضلية للدائرة :

$$E = r \cdot i + L \frac{di}{dt} + Ri = L \frac{di}{dt} + (r + R) i$$

في اللحظة $t=0$ يكون :

$$i=0 \text{ فنحصل على } E=L \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} \text{ ومنه نجد:}$$

$$L = \frac{E}{\left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0}} = \frac{9}{150} = 0,06 \text{ H}$$

- و عندما $t \rightarrow \infty$ فإننا نجد $\frac{di}{dt} \rightarrow 0$ وتنتهي الشدة i إلى القيمة العظمى I_0 فتصبح معادلة الدارة بالشكل:

$$r = \frac{E}{I_0} - R = \frac{9}{0,4} - 20 = 2,5 \Omega \text{ ومنه نجد } E = (r + R) I_0$$

(ب) استعمال الحل : $i(t) = I_0 (1 - e^{-t/\tau})$

$$i(\tau) = I_0 (1 - e^{-1}) = I_0 (1 - \frac{1}{e}) = 0,63 I_0 = 0,63 \times 0,4 = 5,67 \text{ A}$$

من البيان نلاحظ أن القيمة الموافقة لـ τ هي $\tau \approx 3 \text{ ms}$

(ج) حساب τ نظريا:

$$\tau = \frac{L}{R+r} = \frac{0,06}{20+2,5} = 2,7 \times 10^{-3} \text{ S}$$

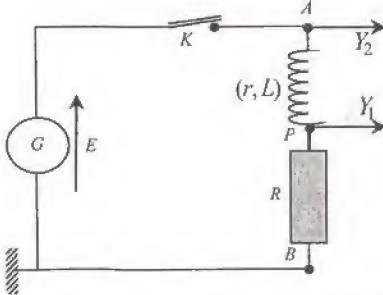
و هي تقارب القيمة المحصل عليها بيانيا.

تمارين و مسائل



1

- بواسطة مولد كهربائي G للتيار المستمر يعطي توترا ثابتا E و شيغة (L, r) و ناقل أومي مقاومته R ، نحقق التركيب الجانبي.



1- بين على الشكل جهة كل من التيار المار (i) ، و مثل بسهام تدرج التوتر الكهربائي بين كل عنصر كهربائي يظهر في الدارة.

2- اعط عبارة التوتر u_{AB} في الحالتين:
(أ) الدارة مفتوحة.
(ب) الدارة مغلقة.

3- عندما تكون الدارة مغلقة، أوجد العبارات الحرفية لكل من u_{DB} ، u_{DA} .

4- بين ما هي المنحنيات المشاهدة على المدخلين Y_1 ، Y_2 لجهاز راسم الاهتزاز المهبطي الموصل بالدارة.

2

- نعود لتركيب الدارة المبينة في بالشكل الموافق للتمرين السابق:

1- عندما تكون الدارة مغلقة بين العبارات الصحيحة من بين العبارات التالية، حيث i يمثل التيار المار:

$$u_{AB} = R \cdot i + L \frac{di}{dt} \quad (أ)$$

$$u_{AB} = r \cdot i + L \frac{di}{dt} \quad (ب)$$

$$u_{AB} = (r + R) i \quad (ج)$$

$$u_{AB} = (r + R) i + L \frac{di}{dt} \quad (د)$$

2- ما هي عبارة ثابت الزمن τ للدارة من بين الثوابت التالية:

$$\tau_4 = \frac{L}{r + R} , \tau_3 = \frac{r}{R} , \tau_2 = \frac{L}{r} , \tau_1 = \frac{L}{R}$$

3- بين كيف يجب وصل جهاز راسم الاهتزاز المهبطي بهذه الدارة إذا أردنا مشاهدة:

- التوتر u_R على المدخل Y_1 .

- التوتر u_{AD} على المدخل Y_2 .

* 3

- في دارة كهربائية (R,L) يكون ثابت الزمن من أجل المقاومة R_1 و الذاتية L هو $\tau_1 = 10 \text{ ms}$ و يصبح هذا الثابت من أجل القيمة R_2 و نفس الذاتية مساويا القيمة $\tau_2 = 20 \text{ ms}$.

1- اوجد النسبة $\frac{R_1}{R_2}$

2- علما ان $R_1 = 10 \Omega$ ، استنتج قيمتي R_2 ، L .

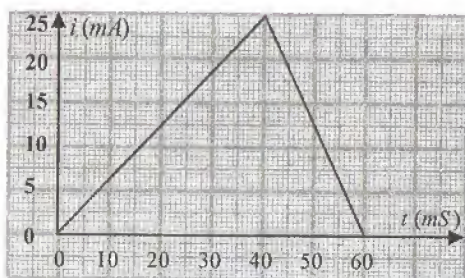
الجواب :

1- $\frac{R_1}{R_2} = 2$

2- $R_2 = 5 \Omega$ ، $L = 0,10 \text{ H}$

* 4

- وشيعة تحريضية مقاومتها $r = 10 \Omega$ و ذاتيتها $L = 0,4 \text{ H}$. نجعل تيارا متغير الشدة



يجتازها كما في الشكل.

1- اكتب العبارتين اللحظيتين $i_1(t)$ ، $i_2(t)$ لشدة التيار المار في المجالين الزمنيين المبينين بالشكل على الترتيب.

2- اعط عبارة التوتر $u_1(t)$ للوشيعة في المجال الأول.

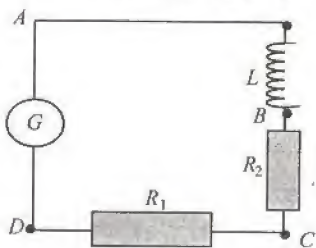
الجواب :

1- $i_1(t) = 0,625 t \text{ (mA)}$ ، $i_2(t) = (-1,25 t + 75) \text{ (mA)}$

2- $u_1(t) = (0,25 + 6,25 t) \text{ mV}$

* 5

- بواسطة مولد G و وشيعة ذاتيتها (L) و مقاومتها مهملة وناقلين أوميين مقاومتاهما



R_2 ، R_1 نحقق التركيب الجانبي.

1- ماذا تمثل النقطة D ؟

2- بين أين يجب ربط مدخلي جهاز راسم اهتزاز مهبطي Y_1 ، Y_2 لمشاهدة:

(أ) التوتر u_{CD} على المدخل Y_1 و u_{AD} على المدخل Y_2 .

(ب) التوتر u_{AC} على المدخل Y_1 و u_{CD} على المدخل Y_2 .

3- نعتبر توصيل جهاز راسم الاهتزاز المهبطي بحيث يكون u_{CD} على المدخل Y_1 ،

u_{AB} على المدخل Y_2 .

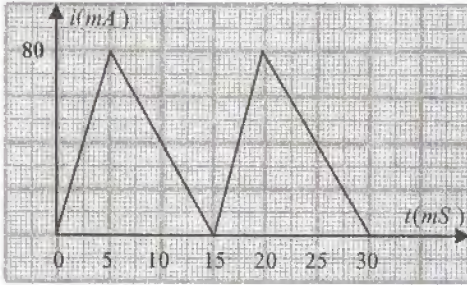
- (ا) ماذا نشاهد على الشاشة ؟
 (ب) إذا كان الولد يعطي إشارة جيبية () ، فما طبيعة الإشارة التي تظهر على المدخل Y_1

6 * - وشيعة ذاتيتها $L = 0,2 H$ و مقاومتها $r = 10 \Omega$ نجعل التيارات ذات الشدات

$$i_3 = 0,1 - 0,1t \quad , \quad i_2 = 0,1 \sin 50 \pi t \quad , \quad i_1 = 0,1 A$$

- 1- ما هو التيار الذي يجعل الوشيعة تتحرض ؟ علل.
- 2- في أية حالة ينشأ بين طرفي الوشيعة:
- (ا) توتر ثابت.
- (ب) توتر متناوب.
- 3- أحسب قيمة التوتر الأعظمي بين طرفي الوشيعة في حالة التيار i_1 .
- 4- ارسم بيانات التيارات الثلاثة $i = f(t)$.

7 ** - وشيعة ذاتيتها $L = 0,2 H$ و مقاومتها مهملة يجتازها التيار الكهربائي المبين بالشكل



- 1- احسب الطاقة المخزنة بالوشيعة في اللحظات:
- T ، $\frac{2T}{3}$ ، $\frac{T}{3}$ حيث
- T هو دور التيار.
- 2- احسب التوتر الكهربائي (u) المطبق بين طرفي الوشيعة في المجالين الزمنيين:
- $[0, 5 ms]$ ، $[5 ms, 15 ms]$
- 3- ارسم البيانات $u(t)$ في المجال الزمني $[0, 30 ms]$.

الجواب :

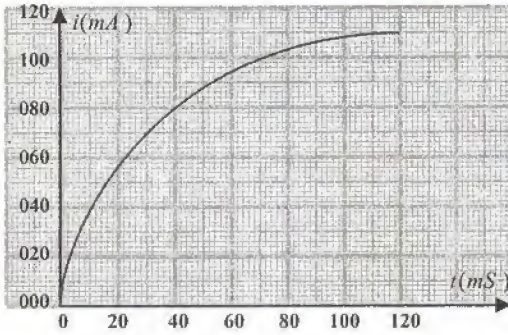
1 - $1,6 \times 10^{-4} J$ ، $6,4 \times 10^{-4} J$

2 - $u_2 = -1,6 V$ ، $u_1 = 3,2 V$

8 ** - تحتوي دارة على الأجهزة الكهربائية التالية مربوطة على التسلسل:

- مولد كهربائي يعطى بين طرفيه توتراً ثابتاً $E = 5 V$ و وشيعة (r, L) و ناقل أومي مقاومته r' و قاطعة K .
- في اللحظة $t = 0$ تغلق القاطعة K .

- 1- ارسم مخطط الدارة مبيناً كيفية وصل جهاز راسم الاهتزاز المهبطي كي يسمح بمشاهدة منحنى التيار الكهربائي المار بالدائرة.
- 2- اعط عبارة المعادلة



التفاضلية للدارة، ثم أوجد حل هذه المعادلة بالشكل

$$i = A + B e^{-\lambda t}$$

ماذا يمثل كل من A ، B ، λ ؟

3- يبين الشكل المرفق

منحنى التيار المار:

- استنتج بالاعتماد على

هذا البيان قيم الثوابت:

R : مقاومة الدارة.

τ : ثابت الزمن لثنائي القطب (R, L).

L : ذاتية الوشعة.

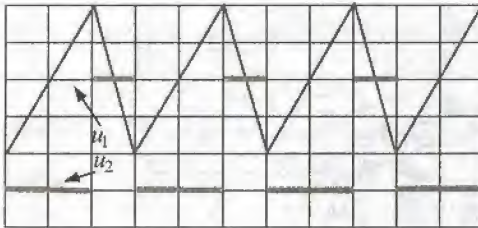
الجواب :

$$L = 0,38 H \quad ; \quad \tau = 7 ms \quad ; \quad R = 54,5 \Omega$$

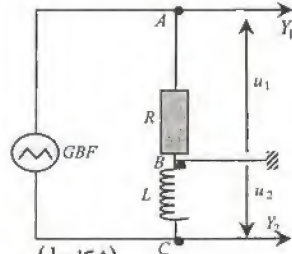
9

- نحقق التركيب الجانبي (شكل-1) باستعمال مولد للتواترات المنخفضة GBF

يعطي إشارة مثلثية بشكل سن المنشار، ومقاومة $R = 2 K\Omega$ و وشعة ذاتيتها (L) ومقاومتها مهمة. يعطي جهاز راسم الاهتزاز المهبطي الموصل بالدارة منحنىي التوترين (u_1) ، (u_2) بين طرفي الناقل الأومي و الوشعة على الترتيب كما يظهر على (شكل-2).



(شكل-2)



(شكل-1)

1- لماذا يظهر التوتر (u_2) مقلوبا ؟

2- كيف تفسر ما يلي:

(أ) الدالة u_1 تكون بشكل سن المنشار ، (ب) الدالة u_2 تكون مربعة.

3- برهن أن $u_2 = -\lambda u_1$ ماذا يمثل الثابت λ ؟

4- علما أن ضبط الجهاز قد تم كما يلي:

- المسح الأفقي: $1 ms \rightarrow 1 Div$

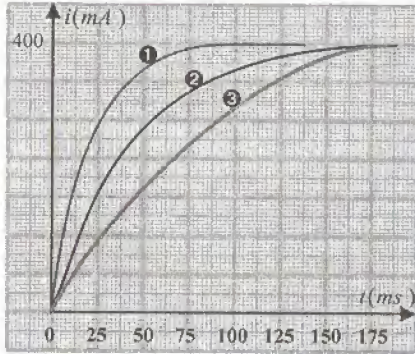
حساسية المدخل u_1 : $1 V \rightarrow 1 Div$ ، حساسية المدخل u_2 : $0,5 V \rightarrow 1 Div$

استنتج ما يلي:

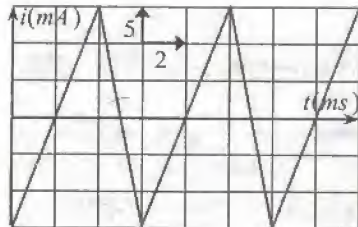
- (أ) الشدة العظمى للتيار المار (I_0).
(ب) ذاتية الوشيعية.

الجواب:

4. (أ) $I_0 = 2 \text{ mA}$ (ب) $L = 0,75 \text{ H}$



10. - نحقق دائرة كهربائية تحتوي على التسلسل مولد يعطي توترا ثابتا $E = 12 \text{ V}$ و معدلة مقاومتها R و وشيعية مهملة المقاومة يمكن تغيير ذاتيتها (L).
1- نثبت مقاومة المعدلة على القيمة R_1 و نغلق الدارة فنحصل على منحني التيار المار ①.
استنتج قيمة R_1 و مقدار ثابت الزمن τ_1 و قيمة ذاتية الوشيعية L_1 .
2- نثبت ذاتية الوشيعية عند القيمة L_1 و نغير مقاومة المعدلة لتصبح R_2 فنحصل على المنحني ②.
استنتج:
- قيمة الثابت τ_2 للدارة و قيمة المقاومة R_2 .
3- نثبت الذاتية عند القيمة $L_3 = L_1$ و نجعل مقاومة الوشيعية $R = R_3$ فنحصل على المنحني ③. استنتج τ_2 و R_3 . ماذا يمكنك استنتاجه من التجارب الثلاثة؟



11. - وشيعية مقاومتها مهملة و ذاتيتها $L = 0,2 \text{ H}$ ، نطبق بين طرفيها توترا بشكل

- سن المنشار فيمر بها التيار المار بالشكل.
- اكتب عبارتي الشدتين $i_1(t)$ و $i_2(t)$ للتيار المار خلال نصفي الدور الأول والثاني. استنتج قيمة التوتر المطبق بين طرفي الوشيعية خلال هذين المجالين الزمنيين.

- 3- مثل على نفس المعلم السابق التوتر اللحظي $u(t)$ في المجال الزمني $[0, 16 \text{ ms}]$.

12. - نربط بين طرفي مولد للتواترات المنخفضة GBF على التسلسل الأجهزة الكهربائية التالية، ناقل أومي مقاومتها $R = 45 \Omega$ و وشيعية ذاتيتها $L = 0,02 \text{ H}$

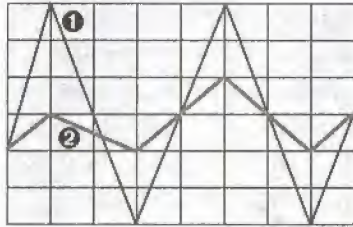
و مقاومتها (r). ثم نصل المجموعة براسم اهتزاز مهبطي بحيث نصل مدخله الأول Y_1 بين طرفي الناقل الأومي، و مدخله الآخر Y_2 بين طرفي الوشيعية، فنشاهد على شاشته المنحنيين ① ، ② الموافقين للتوترين المطبقين بين الناقل الأومي و الوشيعية على الترتيب، و قد تم تعديل المولد على التواتر $f = 5 \text{ HZ}$.

1- ما طبيعة الإشارة التي يعطيها المولد GBF ؟ علل.

2- ارسم مخطط الدارة.

3- كيف تفسر ظهور التيار بين طرفي كل من الناقل الأومي و الوشيعية بشكل سن المنشار ؟

4- علما انه قد تم ضبط الجهاز بالشكل التالي:



- حساسية المدخل Y_1 : $1,5 \text{ V} \rightarrow 1 \text{ Div}$
 - حساسية المدخل Y_2 : $0,5 \text{ V} \rightarrow 1 \text{ Div}$
 - استنتج من ذلك:

(ا) مقدار المسح الأفقي $\Delta t / \text{Div}$.

(ب) القيمتين u_1 ، u_2 للتوترين الأعظميين بين طرفي الناقل الأومي و الوشيعية.

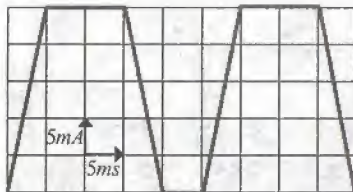
(ج) الشدة الأعظمية للتيار المار (I_0) و مقدار التوتر الأعظمي u_0 الذي يعطيه المولد.

5- ماذا يمكنك استنتاجه فيما يخص الوشيعية ؟

الجواب :

4. 1 $0,05 \text{ S / Div}$ (ب) $u_1 = 4,5 \text{ V}$ ، $u_2 = 0,5 \text{ V}$ ، $u_0 = 5 \text{ V}$

13 - نجعل التيار الكهربائي الممثل بالشكل الجانبي يجتاز وشيعية ذاتيتها $L = 0,05 \text{ H}$



و مقاومتها مهملة.

1- برهن بالاعتماد على مظهر التيار أن التوتر المطبق بين طرفي الوشيعية يكون ثابتا، استنتج مقدار هذا الثابت.

2- ارسم على نفس العلم السابق المنحنى البياني $u(t)$.

3- احسب الطاقة الكهرومغناطيسية

العظمى التي تخزنها الوشيعية نتيجة مرور هذا التيار.

الجواب :

1 $u = 62,5 \text{ mV}$

3 $E_m = 15,6 \times 10^{-6} \text{ J}$

14 - وشيعية ذاتيتها $L = 0,2 \text{ H}$ يجتازها تيار متناوب جيبي بالشكل $i(t) = I_0 \cos \omega t$

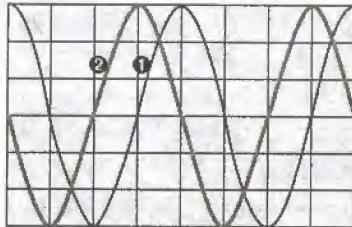
تواتره $f = 50 \text{ Hz}$ و شدته العظمى $u_0 = 0,1 \text{ A}$ حيث ω نبض هذا التيار.

- 1- اكتب المعادلة الزمنية للتوتر $u(t)$ الناشئ بين طرفي الوشيعية.
- 2- أوجد القيمة العظمى لهذا التوتر، ثم أنشئ البيانيين $u(t)$ ، $i(t)$ على نفس العلم.

الجواب :

$$u(t) = 3,14 \cos 100\pi t \quad 1$$

15* تربط وشيعية مهملة المقاومة ذاتيتها (L) بين طرفي مولد للتيار المتناوب فيمر بالدارة تيار شدته المنتجة $0,2 \text{ mA}$. يبين الشكل المرفق منحنىي التيار ① و التوتر ② المطبق بين طرفي هذه الوشيعية بحيث يكون:



الوحدة أفقيا: $2,5 \times 10^{-3} \text{ S}$

الوحدة شاقوليا: $0,1 \text{ A / Div}$ (للتيار) و $3,14 \text{ V / Div}$ (للتوتر).

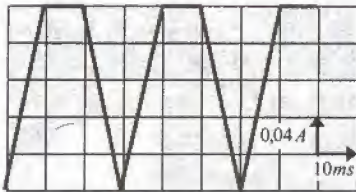
- 1- استنتج I_0 ، u_0 القيمتين الأعظميتين لكل من الشدة والتوتر.
- 2- علما أن شدة التيار المتناوب الذي يجتاز

الدارة تكون بالشكل $i(t) = I_0 \cos \frac{2\pi t}{T}$ حيث T الدور. أوجد ذاتية الوشيعية (L).

الجواب :

$$L = 0,10 \text{ H} \quad 2$$

16** - وشيعية ذاتيتها $L = 0,10 \text{ H}$ ومقاومتها $r = 5 \Omega$ يجتازها تيار متغير الشدة كما في الشكل المرفق.



- 1- بين كيف يمكن الحصول على هذا التيار عمليا ؟

2- اكتب معادلات التيار $i(t)$ في المجالات الزمنية الثلاثة الأولى المتتالية.

3- استنتج العبارات اللحظية للتوتر المطبق في المجالات الزمنية المذكورة. ثم ا رسم بيان الدالة $u(t)$ في المجال الزمني $[0, 40 \text{ ms}]$.

4- نفترض أن مقاومة الوشيعية $r \approx 0$.

- (ا) أوجد العبارات اللحظية $u(t)$ للتوتر المطبق في المجالات الثلاثة الأولى، ثم استنتج رسما بيانيا لهذه الدالة في المجال الزمني $[0, 80 \text{ ms}]$.

الجواب :

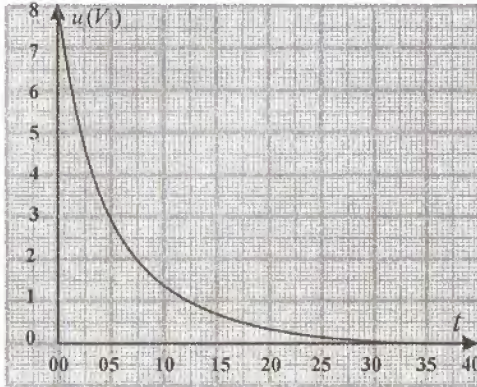
$$i_1(t) = -20t + 0,6 \quad ; \quad i_2(t) = 0,2 \quad ; \quad i_3(t) = 20t - 2 \quad 2$$

$$u_3 = -100t + 1 ; u_2 = 100 ; u_1 = 100t + 2 \quad -3$$

$$u_3 = -2 ; u_2 = 0 ; u_1 = 2 \quad (1-4)$$

*** 17

- يمثل البيان المرفق التوتر اللحظي $u_R(t)$ المطبق بين طرفي ناقل أومي مقاومته R مربوط على التسلسل مع وشيعة ذاتيتها (L) ومقاومتها مهمة، أثناء قطع التيار عنهما.



1- لماذا يتناقص التيار ببطء ؟

2- ارسم عند اللحظة $t = 0$

الماس للمنحنى $u_R(t)$.

- استنتج ثابت الزمن لثنائي

القطب (R, L) .

3- أوجد بيانيا زمن نصف

العمر $t_{1/2}$ للتوتر المطبق، ثم

تأكد من النتيجة نظريا.

4- لتكن عبارة التوتر النظرية

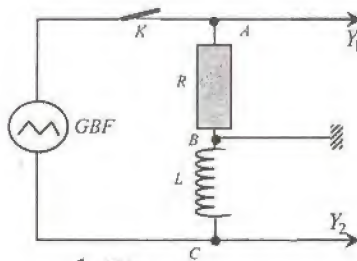
$u(t) = -u_0 e^{-t/\tau}$. أوجد القيم

التالية:

$$u(\infty) ; u(0,4) ; u(t_{1/2}) ; u(\tau) ; u(0)$$

*** 18

- نحقق التركيب الجانبي (شكل-1) باستعمال مقاومة كهربائية قيمتها



شكل-1

$R = 2 \times 10^3 \Omega$ و وشيعة مهمة المقاومة

ذاتيتها (L) . نربط بين طرفي المجموعة

مولد للتوترات المنخفضة GBF يعطي

توترا بشكل سن المنشار.

نوصل جهاز راسم اهتزاز مهبطي بالدارة

كما في الشكل، نغلق القاطعة.

1- ما هي الإشارة التي ندخلها على الجهاز

على كل مدخل ؟

2- على شاشة الجهاز نلاحظ

المنحنيين ① على المدخل الأول

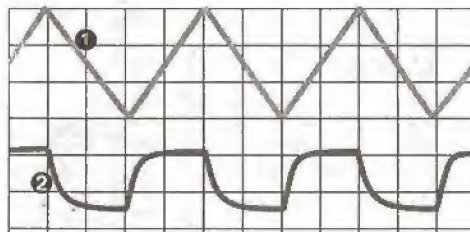
Y_1 والثاني على المدخل

Y_2 يكون مقلوبا.

و باستعمال الزر العاكس

نصحح وضعيته فيظهر حسب

المنحنى ② (شكل-2).



شكل-2

- (أ) لماذا يظهر المنحنى ② مقلوبا في البداية ؟
 (ب) كيف تفسر طبيعة المنحنيات التي تظهر على الشاشة ؟
 3- علما أنه تم ضبط الجهاز بالشكل التالي:
 - المسح الأفقي: $1 \text{ ms} / \text{Div}$ حساسية المدخلين:
 $(Y_2) 0,2 \text{ V} / \text{Div}$ ، $(Y_1) 4 \text{ V} / \text{Div}$
 (أ) احسب التوترين الأعظميين u_{01} ، u_{02} على المدخلين Y_1 ، Y_2 على الترتيب،
 ثم استنتج المقدار $\frac{di}{dt}$. اعط الشدة العظمى I_0 للتيار المار.
 (ب) استنتج ذاتية الوشيعه (L) .

الجواب :

3- $I_0 = 4 \text{ mA}$ ، $u_{02} = 0,2 \text{ V}$ ، $u_{01} = 8 \text{ V}$ (أ)

(ب) $L = 0,1 \text{ mH}$



حركة الكواكب

و الأقمار

الصناعية

تطبيقات نموذجية



1 تطبيق

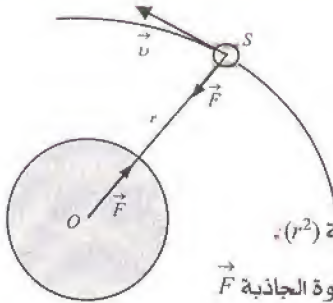
حركة قمر صناعي في حقل الجاذبية الأرضية

قمر اصطناعي كتلته m يرسم أثناء دورانه مسارا دائريا حول الأرض نصف قطره r ومركزه النقطة (O) مركز الأرض.

- (1-1) اعط عبارة القوة الجاذبة \vec{F} المؤثرة على هذا القمر الاصطناعي بدلالة G (ثابت الجذب العام) و كتلة الأرض M_T و m و r . حدد مميزات هذه القوة.
- (ب) برهن أن حركة القمر الصناعي تكون دائرية منتظمة.
- (ج) أوجد عبارة السرعة v بدلالة نصف قطر الأرض R و التسارع الأرضي g_0 على سطح الأرض و g على المدار.

- 2- علما أن السرعة الزاوية للقمر الصناعي هي $\omega = 1,083 \times 10^{-3} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ احسب سرعته الخطية v و الارتفاع h الذي يدور عليه بالنسبة لسطح الأرض.
- استنتج شدة الجاذبية الأرضية g عند هذا الارتفاع.
- (يعطى نصف قطر الأرض $R = 6370 \text{ Km}$ ، $g_0 = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$).

✓ الحل :



- (1) القوة التي تطبقها الأرض على القمر الصناعي هي:

$$F = G \frac{m \cdot M}{r^2}$$

و هذه القوة يكون حاملها الشاقول (OS) و جھتها نحو مركز الأرض (O) و شدتها تتناسب طرذا مع جداء الكتلتين M ، m و عكسا مع مربع المسافة (r^2).

- (ب) محصلة القوى المؤثرة على القمر الاصطناعي هي القوة الجاذبة \vec{F} التي تتجه نحو مركز المسار (O) فهي قوة مركزية جاذبة فيكون:

التسارع المكتسب ناظميا \vec{a}_N و الحركة دائرية منتظمة.

- (ج) قوة جذب الأرض \vec{F} للقمر الصناعي تكون بقدر ثقله P :

$$F = m g = G \frac{m M}{r^2} \text{ ومنه يكون:}$$

$$g_0 = G \frac{M}{R^2} \text{ الجاذبية على بعد } r \text{ من الأرض. و على سطح الأرض تكون } g = G \frac{M}{r^2}$$

بقسمة g على g_0 نجد :

$$g = g_0 \cdot \frac{R^2}{r^2}$$

بتطبيق قانون نيوتن الثاني يكون $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

$$mg = m \cdot a_N \rightarrow a_N = g$$

بالتعويض نجد :

$$\frac{v^2}{r} = g_0 \frac{R^2}{r^2} \rightarrow v = \sqrt{g_0 \frac{R^2}{r}} \dots\dots\dots (1)$$

(2) لدينا $v = \omega r \dots\dots\dots$

من العلاقة (1) نجد $r = \frac{g_0 R^2}{v^2}$ ومن العلاقة (2) نجد $r = \frac{v}{\omega}$

بقسمة العلاقتين طرفاً لطرف نجد أن $1 = \frac{g_0 R^2}{v^2} \times \frac{\omega}{v}$ فنحصل على ما يلي :

$$v^3 = g_0 \cdot R^2 \cdot \omega \rightarrow v = \sqrt[3]{g_0 \cdot R^2 \cdot \omega}$$

$$v = \sqrt[3]{9,8 \times (6370 \times 10^3)^2 \times 1,083 \times 10^{-3}}$$

$$= 7,55 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{S}^{-1} = 7,55 \text{ Km} \cdot \text{S}^{-1}$$

- لدينا $r = \frac{v}{\omega}$ حيث $r = R + h$ فيكون :

$$h = r - R$$

$$= \frac{v}{\omega} - R = \frac{7,55 \times 10^{-3}}{1,083 \times 10^{-3}} - 6370 \times 10^3$$

$$\approx 603 \times 10^3 \text{ m} = 603 \text{ Km}$$

- من العلاقة $g = g_0 = \frac{R^2}{r^2}$ يكون :

$$g = 9,80 \left(\frac{6370}{6370 + 603} \right)^2 = 8,18 \text{ m} \cdot \text{S}^{-2}$$

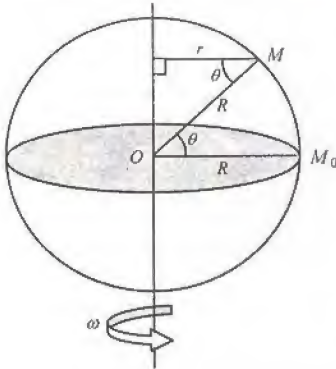
2 تطبيق

إيجاد سرعة نقطة من محيط الأرض

يبلغ نصف قطر الأرض المقدار $R = 6380 \text{ Km}$ و تدور حول نفسها في 24 ساعة تقريباً.

1- احسب سرعتها الزاوية ثم سرعة نقطة من محيطها M_0 تقع على خط الاستواء.

2- ما هي سرعة نقطة أخرى M من محيط الأرض يصنع شعاع موضعها مع خط الاستواء زاوية $\theta = 45^\circ$ ؟



✓ الحل :

(1) السرعة الزاوية للدوران الأرض:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{24 \times 3600} = 7,26 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$$

سرعة النقطة M_0 التي تقع على خط الاستواء

$$v_0 = R \cdot \omega = 6380 \times 10^3 \times 7,26 \times 10^{-5} = 463 \text{ S}$$

(2) النقطة M على محيط الأرض والتي لها نفس

خط العرض يكون لها نفس السرعة الزاوية

للدوران و تختلف سرعتها الخطية لأنها تدور على

مسار دائري آخر مختلف نصف قطره r .

بحيث يكون:

$$\cos \theta = \frac{r}{R} \rightarrow r = R \cos \theta \quad \text{حيث أن} \quad v = \omega \cdot r \quad \text{فنجد} \quad \omega = \frac{v_0}{R} = \frac{v}{r}$$

بالتعويض نجد ما يلي:

$$v = \omega \cdot R \cdot \cos \theta = v_0 \cos \theta = 463 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 327 \text{ m/s}$$

3 تطبيق

مجموعة شعاعا السرعة و التسارع الوسطيين في الحركة الدائرية الم

- تدور نقطة مادية (M) على محيط دائرة مركزها (O) و نصف قطرها $r = 10 \text{ Cm}$ بسرعة ثابتة قدرها $0,2 \pi \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. في اللحظة $t = 0$ تمر من مبدأ الفواصل المنحنية (A) في الاتجاه الموجب للحركة.
- 1- احسب السرعة الزاوية للحركة و دورها.
 - 2- اكتب معادلة حركتها $\theta = f(t)$
 - 3- اوجد بين اللحظتين $t_1 = 0,25 \text{ S}$ ، $t_2 = 0,50 \text{ S}$ شدة شعاعي السرعة و التسارع الوسطيين للحركة و بين اتجاههما.

✓ الحل :

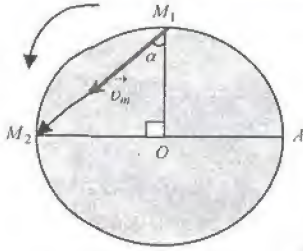
(1) حساب السرعة الزاوية للحركة و دورها :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{2\pi} = 1 \text{ S} , \quad \omega = \frac{v}{r} = \frac{0,20 \pi}{0,10} = 2 \pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

(2) معادلة الدوران $\theta = f(t)$

$\theta = \omega t + \theta_0$. لـ $t = 0$ يكون $\theta = 0$ ، $\omega > 0$ فنجد بالتعويض ما يلي:

$$\theta = 2\pi t \quad \text{نحصل على المعادلة} \quad 0 = \omega \times 0 + \theta_0 \Rightarrow \theta_0 = 0$$



(3) حساب شدة الشعاع \vec{v}_m بين اللحظتين t_1 ، t_2 في اللحظة $t_1 = 0,25 S$ يكون موضع المتحرك هو M_1

المحدد بالفاصلة الزاوية $\theta_1 = 2\pi \times 0,25 = \frac{\pi}{2}$

و في اللحظة $t_2 = 0,50 S$ يكون هو الموقع M_2

المحدد بالفاصلة الزاوية $\theta_2 = 2\pi \times 0,5 = \pi$

شعاع السرعة \vec{v}_m بين اللحظتين t_1 ، t_2 هو $\vec{v}_m = \frac{\vec{M_1M_2}}{\Delta t}$ و شدته هي:

$$\|\vec{v}_m\| = \frac{\|\vec{M_1M_2}\|}{\Delta t} \quad \text{حيث يكون } \|\vec{M_1M_2}\| = \sqrt{r^2 + r^2} = r\sqrt{2} \quad \text{ومنه نجد:}$$

$$\|\vec{v}_m\| = \frac{r\sqrt{2}}{\Delta t} = \frac{0,1\sqrt{2}}{0,50 - 0,25} = 0,564 \text{ m} \cdot \text{S}^{-1}$$

و هذا الشعاع محمول على شعاع الانتقال $\vec{M_1M_2}$ و موجه في نفس جهته. و تتعين هذه

الجهة بالزاوية α بحيث يكون $\tan \alpha = \frac{r}{r} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$

- إيجاد شعاع التسارع الوسطي \vec{a}_m بين اللحظتين t_1 ، t_2 :

طويلة شعاع السرعة $\|\vec{v}_1\| = 0,2\pi \text{ m} \cdot \text{S}^{-1}$ و هو ثابت الشدة.

نرسم عند النقطة M_1 الشعاع $\vec{v} = \vec{v}_1$ و عند النقطة M_2 الشعاع $\vec{v} = \vec{v}_2$ فيكون:

$$\vec{a}_m = \frac{\vec{\Delta v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 + (-\vec{v}_1)}{\Delta t}$$

من نهاية الشعاع \vec{v}_2 نرسم الشعاع $(-\vec{v}_1)$ العاكس

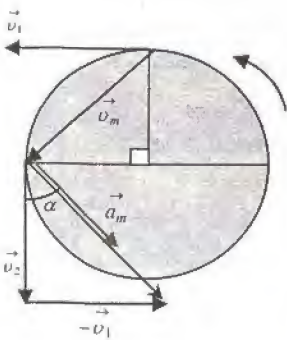
ل \vec{v}_1 فيكون:

$$\|\vec{\Delta v}\| = \|\vec{v}_1 - \vec{v}_2\| = \sqrt{v_1^2 - v_2^2} = v_1\sqrt{2}$$

ومنه نجد:

$$\|\vec{a}_m\| = \frac{\|\vec{\Delta v}\|}{\Delta t} = \frac{v\sqrt{2}}{\Delta t} = \frac{0,2\pi - \sqrt{2}}{0,25} = 3,542 \text{ m} \cdot \text{S}^{-2}$$

و هذا الشعاع محمول على الشعاع $\vec{\Delta v}$ و موجه في نفس جهته بحيث $[v_2, a_m] = 45^\circ$



4 تطبيق

الجزء الثاني الحركة الظاهرية لجسم داخل مصعد و داخل قمر صناعي

كتلة نقطية m مثبتة بنهاية ربيعة موجودة داخل مصعد تشير في حالة السكون إلى الشدة $0,49 N$.

1- باخذ شدة الجاذبية الأرضية $g = 9,80 m \cdot s^{-2}$ في ذلك المكان.

(أ) احسب مقدار استطالة نابض الربيعة، إذا كان ثابت مرونته $K = 49 N \cdot m^{-1}$.

2- يرتفع المصعد نحو الأعلى ابتداء من السكون فتشير الربيعة إلى الشدة $0,53 N$ أثناء هذه الحركة؛

(أ) إلى ماذا تشير قراءة الربيعة هذه ؟ كيف تفسر قيمة و اتجاه تغير الثقل ؟
(ب) استنتج مقدار تسارع المصعد.

(ج) ما هو الثقل الظاهري لشخص كتلته $m = 60 Kg$ موجود بالمصعد.
- في أية ظروف يفقد هذا الشخص وزنه ؟

3- تثبت الربيعة و الكتلة (m) شاقوليا داخل مركبة فضائية تدور في مدار دائري حول الأرض، بحيث تكون حركتها دائرية منتظمة على ارتفاع $h = 500 Km$ من سطح الأرض. إذا كان نصف قطر الأرض هو $R = 6370 Km$

(أ) احسب شدة شعاع تسارع الجاذبية الأرضية \vec{g} على هذا الارتفاع.

(ب) احسب قوة جذب الأرض للكتلة (m).

(ج) إلى ماذا تشير الربيعة على هذا الارتفاع ؟ علل.

4- تدور المركبة الفضائية بالشروط السابقة حول الأرض، و تمر من شاقول المدينة (A) الواقعة على سطح الأرض على الساعة 12، ثم من المدينة (B). الواقعة على نفس خط العرض بعد $14,2 min$. أوجد البعد بين المدينتين على سطح الأرض.
(يعطى $G = 6,67 \times 10^{-11}$ ثابت التجاذب الكوني).

✓ الحل :

(أ) إيجاد قيمة الكتلة (m) :

في حالة السكون $\vec{T} + \vec{P} = \vec{0}$ ومنه $T - P = 0$

و يكون :

$T = P = 0,49 N$ دلالة الربيعة ومنه نجد :

$$m \cdot g_0 = p \longrightarrow m = \frac{P}{g_0} = \frac{0,49}{9,8} = 0,05 Kg$$

إذن $m = 50 g$

(ب) استطالة النابض :

من العلاقة $T = K \cdot \Delta l$ يكون $\Delta l = \frac{T}{K} = \frac{0,49}{49} = 0,01 m$ إذن $\Delta l = 1 Cm$



قراءة الربيع أثناء الحركة الصاعدة:

تشير الربيع في كل لحظة إلى توتر النابض الذي يدل في كل لحظة على مقدار الثقل العلق والذي تتغير قيمته بتغير التسارع. فهو ثقل ظاهري يزداد أثناء الصعود بسبب تأثير التسارع. تسارع المصعد:

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على مركز عطالة الربيع يكون :

$$\vec{T} + \vec{P} = m \vec{a}$$

بالإسقاط $T - mg = ma$ ومنه:

$$a = \frac{T - mg}{m} = \frac{0,53 - 0,05 \times 9,8}{0,05} = 0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

(ج) الثقل الظاهري للشخص الموجود بالمصعد

يخضع الشخص إلى قوة ثقله \vec{P} و رد فعل أرضية

المصعد \vec{R} عليه.

بتطبيق قانون نيوتن الثاني نجد:

$$\vec{R} + \vec{P} = m \vec{a}$$

$$R - mg = ma \text{ ومنه } R = m(g + a)$$

فرد الفعل \vec{R} إذن يمثل الثقل الظاهري للشخص الذي يتعلق بتسارع المصعد:

ففي حالة السكون ($a = 0$) يكون هذا الثقل حقيقيا $R = mg$

و في حالة الحركة المتسارعة نحو الأعلى يزداد ويصبح أكبر من الثقل الحقيقي وقيمته:

$$R = m(g + a) = 60(9,8 + 0,8) = 636 \text{ N}$$

اما الظروف التي يمكن فيها لهذا الشخص أن يفقد وزنه فهي الظروف التي يحس فيها بانعدام ثقله. ويكون ثقله الظاهري $R = 0$.

$$0 = m(g + a) \text{ منه } g + a = 0 \text{ ينتج أن } a = -g$$

إذن يحدث انعدام الوزن، عندما تكون حركة المصعد متباطئة نحو الأعلى بتسارع مساو لتسارع الجاذبية الأرضية. ولكن هذا صعب التحقيق.

ولو كانت الحركة تتم نحو الأسفل، فإنه يكون $R = m(g - a)$ من أجل $a = g$

هنا يفقد الشخص وزنه إذا كانت الحركة متسارعة بتسارع $a = +g$

ويتم هذا بجعل المصعد يسقط سقوطا حرا.

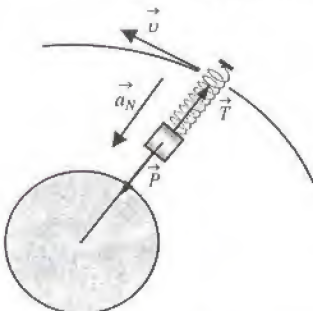
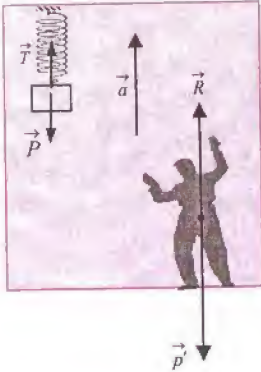
(3) تسارع الجاذبية الأرضية على ارتفاع (h):

$$g = g_0 \frac{r^2}{(r + h)^2}$$

$$= 9,80 \left(\frac{6370}{6370 + 500} \right) = 8,42 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

(ب) قوة جذب الأرض للكتلة (m):

$$F = P = mg = 0,05 \times 8,42 = 0,421 \text{ N}$$



(ج) دلالة الربعية على الارتفاع المذكور

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على الكتلة (m):

$$\vec{T} + \vec{P} = m \vec{a}_N \quad \text{بالإسقاط} \quad m g - T = m a_N \quad \text{ومنه:}$$

$$T = m (g - a_N) \dots \dots \dots (1)$$

و بتطبيق قانون نيوتن الثاني على مركز عطالة المركبة الفضائية أثناء الدوران يكون،

$$\vec{P}' = m \vec{a}_N \quad \text{ومنه} \quad m' g = m' a_N \quad \text{نحصل على ما يلي:}$$

$$a_N = g \dots \dots \dots (2)$$

فتسارع الحركة إذن بقدر تسارع حقل الجاذبية الأرضية في تلك النقطة و هو نفسه تسارع حركة الكتلة النقطية (m).

بالتعويض في العلاقة (1) نجد $T = 0$.

فالربعية تشير على انعدام ثقل الكتلة (m) و هذا ما يسببه التسارع.

(4) إيجاد البعد بين المدينتين A ، B على سطح الأرض

عندما تدور المركبة على مدارها حول الأرض زاوية (α) ، أثناء انتقالها من شاقول المدينة

(A) نحو شاقول المدينة (B) يكون:

$$\alpha = \frac{\widehat{A'B'}}{r+h} = \frac{\widehat{AB}}{r} \quad \text{ومنه نجد:}$$

$$\widehat{AB} = \alpha \cdot r \dots \dots \dots (1)$$

الحركة دائرية منتظمة فيكون:

$$\alpha = \omega t = \frac{v^2}{r+h} t \dots \dots \dots (2)$$

و لدينا $a = g = \frac{v}{r+h}$ فيكون:

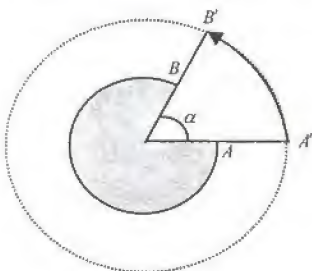
$$v = \sqrt{g(r+h)}$$

$$= \sqrt{8,42(6370+500) \times 10^3} \approx 7600 m.s^{-1}$$

وهي سرعة المركبة الفضائية على مدارها.

بالتعويض في العلاقة (2) نجد $AB = 0,942 \times 6370$

إذن $\widehat{AB} = 6000 Km$ البعد بين المدينتين.



حركة الأقمار الصناعية

5 تطبيق

يوضع قمران صناعيان (L_1) ، (L_2) على مدارين استوائيين حول الأرض على الارتفاعين $h_2 = 800 Km$ ، $h_1 = 600 Km$ على الترتيب. بحيث تكون حركتهما حول الأرض دائرية منتظمة.

1- إذا أخذنا قيمة الجاذبية الأرضية على سطح الأرض $g = 10 m.s^{-2}$ فاستنتج

قيمتيها على الارتفاعين المذكورين ، ثم استنتج قيمتي السرعتين v_1, v_2 للقمرين الصناعيين على مداريهما حتى تكون حركتهما دائرية منتظمة. يعطى نصف قطر الأرض مساويا 6400 Km .

2- كم من مرة في اليوم يظهر كل من القمرين الصناعيين لمراقب أرضي موجود في نقطة من خط الاستواء؟ ادرس الحالات المختلفة للممكنة.

3- احسب الدور الظاهري للقمر الصناعي (L_2) بالنسبة لمراقب جوي موجود في القمر الصناعي (L_1) ، ثم استنتج مقدار الزاوية التي تدورها الأرض حينئذ.

4- إذا أردنا أن نجعل دور القمر الصناعي (L_1) و هو على الارتفاع المذكور $T = 24 \text{ h}$ ، بحيث يكون دورانه في نفس اتجاه دوران الأرض:

(ا) احسب السرعة الخطية الموافقة.

(ب) فسر كيف يبدو هذا القمر الصناعي بالنسبة لمراقب أرضي مرتبط بها ؟ بماذا توحى إليك هذه الفكرة ؟!

✓ الحل :

(1) ترتبط g على ارتفاع (h) من سطح الأرض بالعلاقة $g = g_0 \frac{R^2}{(R+h)^2}$ ومنه:

$$g_1 = 10 \left(\frac{6400}{6400 + 600} \right)^2 \approx 8,36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$g_2 = 10 \left(\frac{6400}{6400 + 800} \right)^2 \approx 7,90 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على مركز عطالة الجملة كلها يكون:

$$\vec{P} = \vec{a} \cdot m \quad \text{ومنه} \quad m g = m a_N \quad \text{و ينتج ان:}$$

$$v = \sqrt{g(h+r)} \quad \text{نجد} \quad g = a_N = \frac{v^2}{h+r}$$

ومنه يكون:

$$v_1 = \sqrt{8,36 \times 7 \times 10^6} \approx 7650 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_2 = \sqrt{7,9 \times 7,2 \times 10^6} \approx 7542 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

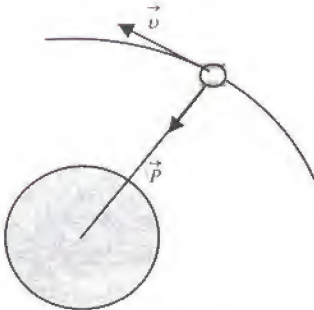
و السرعتان الزاويتان الموافقتان هما:

$$\omega_1 = \frac{v_1}{R + h_1} = \frac{7650}{7 \times 10^6} = 1092,86 \times 10^{-6} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\omega_2 = \frac{v_2}{R + h_2} = \frac{5427}{7,2 \times 10^6} = 1047,5 \times 10^{-6} \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$$

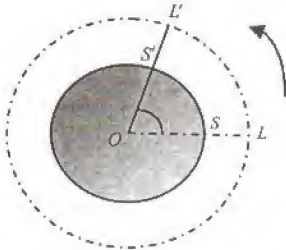
و دور حركة كل منها هو:

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = \frac{2\pi}{1092,86 \times 10^{-6}} = 5746 \text{ s}$$



$$T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} = \frac{2\pi}{1047,5 \times 10^{-6}} = 5995 \text{ S}$$

(2) لحساب عدد المرات التي يظهر فيها كل من القمرين الصناعيين (L_1) ، (L_2) للمراقب الأرضي نقوم أولا بحساب دوريهما الظاهريين بالنسبة لهذا المراقب (الدور الظاهري للقمر الصناعي هو الزمن الفاصل بين مرورين متتابعين من نفس الشاقول بالنسبة لمراقب موجود في ذلك الشاقول)، مع مراعاة الحالات الممكنة .



(1) للأرض و القمران الصناعيان نفس اتجاه الدوران : في اللحظة $t = 0$ يكون المراقب الأرضي (S) و القمر الصناعي (L) في نفس الشاقول (OSL) ثم يختفي القمر الصناعي نظرا لسرعته الكبيرة بالنسبة لسرعة الأرض، ليعود و يظهر ثانية للمراقب الأرضي في الوضع (S') خلال دور ظاهري واحد (T_n) عندما يشملها نفس الشاقول من جديد

$(OS'L')$. و خلال هذه الفترة تكون الأرض قد دارت زاوية (α) في حين يكون القمر الصناعي قد دار زاوية $\alpha + 2\pi$.

بتطبيق معادلة الحركة الدائرية المنتظمة $(\alpha = \omega t)$ على كل منهما يكون:

$$\alpha = \omega_0 \cdot T_A \dots\dots\dots (1)$$

$$\alpha + 2\pi = \omega \cdot T_A \dots\dots\dots (2)$$

بتعويض (1) في (2) نجد $\omega_0 \cdot T_A + 2\pi = \omega T_A$ نجد $T_2 = \frac{2\pi}{\omega - \omega_0}$

و حيث أن $T = \frac{2\pi}{\omega}$ دور القمر الصناعي حول الأرض،

و $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$ دور الأرض حول نفسها نحصل أخيرا بالتعويض على العلاقة التالية:

$$T_A = \frac{T T_0}{T - T_0}$$

تطبيق عددي :

$$T_{A1} = \frac{86400 \times 5747}{86400 - 5747} = 6156,5 \text{ S} \quad \text{حيث } (T_0 = 24 \text{ h})$$

$$T_{A2} = \frac{86400 \times 5995}{86400 - 5995} = 6442 \text{ S}$$

و عدد المرات التي يظهر فيها (L_1) في اليوم للمراقب الأرضي هو $n_1 = \frac{86400}{6156,5} \cong 14$

و عدد مرات ظهور (L_2) هو $n_2 = \frac{86400}{6442} \cong 13$

و الزمن الفاصل بين ظهوريهما هو:

$$\Delta t = T_{A2} - T_{A1} = 6442 - 6156,5 = 285,5 \text{ S}$$

(ب) دوران الأرض بعكس جهة دوران القمرين الصناعيين :

في هذه الحالة يحدث التطابق الشاقولي عندما تدور الأرض زاوية (α) و يدور القمر الصناعي زاوية $(2\pi - \alpha)$ فيكون:

$$\alpha = \omega_0 \cdot T_A \dots\dots\dots (1)$$

$$2\pi - \alpha = \omega \cdot T_A \dots\dots\dots (2)$$

من (1) و (2) نحصل على العلاقة التالية:

$$T_A = \frac{T_0 T}{T + T_0}$$

تطبيق عددي :

$$T_{A1} = \frac{86400 \times 5747}{86400 + 5747} \approx 5388 S$$

$$T_{A2} = \frac{86400 \times 5995}{86400 + 5995} \approx 5606 S$$

و عدد مرات ظهور كل منهما في اليوم بالنسبة للمراقب الأرضي هما على الترتيب:

$$n_2 = \frac{86400}{5606} \approx 15, \quad n_1 = \frac{86400}{5388} \approx 16$$

(ج) الأرض تدور في اتجاه دوران (L_1) و عكس (L_2) :

ينتج من التدرج السابق أن:

$$T_{A2} = 5606 S, \quad T_{A1} = 5388 S$$

$$n_2 \approx 15, \quad n_1 \approx 16$$

(د) الأرض تدور في اتجاه (L_2) و عكس (L_1) :

يكون:

$$T_{A1} = 6156,5 S \longrightarrow n_1 = 14$$

$$T_{A2} = 6442 S \longrightarrow n_2 \approx 13$$

(3) نميز حالتين:

(أ) الحالة الأولى: دوران (L_1) ، (L_2) في نفس الجهة

خلال دور ظاهري واحد (T_A) بالنسبة للمراقب الجوي الموجود في (L_1) ، نفترض أن (L_2)

يدور زاوية $(\alpha + 2\pi n)$ حيث n عدد الدورات التي ينجزها حتى يقع مرة أخرى مع (L_1)

في نفس الشاقول و عندئذ يكون (L_1) قد دار زاوية

$$\alpha + 2\pi n + 2\pi$$

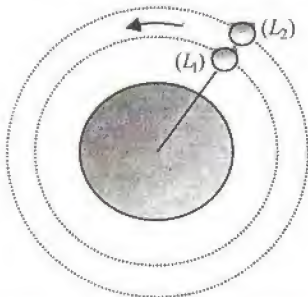
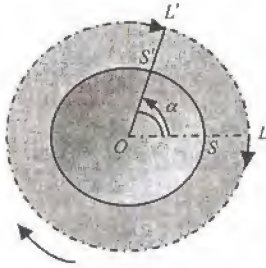
و يكون حسب معادلة الدوران العامة

$$(\alpha = \omega \cdot t + \alpha_0) \text{ ما يلي:}$$

$$\omega_1 T_A = \alpha + 2\pi n + 2\pi \dots\dots\dots (1)$$

$$\omega_2 T_A = \alpha + 2\pi n \dots\dots\dots (2)$$

من (1) و (2) يكون $\omega_1 T_A = \omega_2 T_A + 2\pi$



$$T_A = \frac{2\pi}{\omega_1 - \omega_2} \quad \text{ومنه نجد}$$

$$\text{و بتعويض } \omega_2 = \frac{2\pi}{T_2}, \quad \omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$$

$$T_A = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1}$$

$$T = \frac{5746 \times 5995}{5995 - 5746} \cong 138342 \text{ S} \cong 38,43 \text{ h} \quad \text{عدديا:}$$

و لحساب الزاوية التي دارتها الأرض خلال هذه الفترة يكون:

$$86400 \text{ S} \longrightarrow 2\pi \text{ rad}$$

$$138342 \text{ S} \longrightarrow \alpha$$

$$\alpha = \frac{138342 \times 2\pi}{86400} = 3,2\pi \text{ rad}$$

(ب) الحالة الثانية: (L_2) ، (L_1) دوران باتجاهين متعاكسين

$$T_A = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2} \quad \text{ينتج مما سبق أن}$$

عدديا:

$$T = \frac{5746 \times 5995}{5746 + 5995} \cong 2934 \text{ S} \cong 49 \text{ min}$$

(4) (أ) استقرار القمر الصناعي (L_1) بالنسبة للأرض

$$T = 24 \text{ h} = 86400 \text{ S}$$

$$\text{ومنه: } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{86400} = 727 \times 10^{-7} \text{ rad} \cdot \text{S}^{-1}$$

$$v = \omega(R + h) = 727 \times 10^{-7} \times 7 \times 10^6 \cong 509 \text{ m} \cdot \text{S}^{-1}$$

(ب) يبدو القمر الصناعي ساكنا دوما بالنسبة للمراقب الأرضي لأنهما يقعان دوما على

نفس الشاقول نظرا لتساوي سرعتي دورانهما و في جهة واحدة.

و هذا النوع من الأقمار الصناعية يستعمل في الإرسال الأرضي حتى يبقى مسيطرا على

مساحة معينة من الأرض في كل لحظة.

دراسة مميزات حركة دائرية بطريقة التصوير

تطبيق 6

تعطي الوثيقة المرفقة المواقع المتتالية لمركز عطالة جسم أثناء حركته على مسار دائري مركزه (O) خلال فواصل زمنية متساوية و متعاقبة قدرها $\tau = 0,20 \text{ S}$.

1- ما طبيعة الحركة ؟ علل.

2- علما أن مقياس الرسم هو $0,4 \text{ m} \longrightarrow 1 \text{ Cm}$. استنتج من ذلك:

- السرعة الخطية للحركة و سرعتها الزاوية و دورها و تسارعها.

3- مثل شعاع تغير السرعة Δv عند النقطة M_3 ، و احسب شدته و ذلك باستعمال السلم $1,5 \text{ Cm} \rightarrow 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

- استنتج عندئذ شدة الشعاع $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ و قارنه مع شدة الشعاع a_N المحسوب سابقا.

4- علما أن كتلة المتحرك $m = 200 \text{ g}$ ، احسب شدة محصلة القوى \vec{F} المؤثرة على المتحرك، و مثله على البيان عند النقاط M_1 ، M_3 ، M_5 باستعمال مقياس مناسب للرسم.

✓ الحل :

(1) طبيعة الحركة

بقياس المسافات المتتالية التي يقطعها المتحرك على مساره الدائري خلال الفواصل الزمنية المتساوية و المتعاقبة نجد ما يلي:

$$M_1M_2 = M_2M_3 = \dots\dots\dots = M_5M_6 = 1 \text{ Cm} = \text{Const}$$

فالحركة دائرية منتظمة.

(2) حساب الثوابت المميزة للحركة

باستعمال مقياس الرسم نجد أن:

$$\Delta X = 1 \times 0,4 = 0,4 \text{ m}$$

$$v = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{\Delta X}{\tau} = \frac{0,4}{0,2} = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ فيكون}$$

$$r = 3,32 \times 0,4 = 1,328 \text{ m}$$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{2}{1,328} \approx 1,5 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \text{ السرعة الزاوية}$$

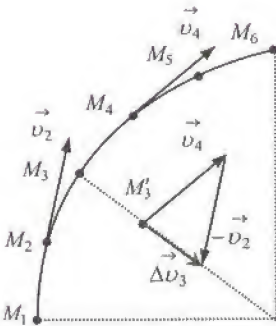
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{1,5} = 1,33 \text{ s} \text{ دور الحركة}$$

$$a = a_N = \frac{v^2}{r} = \frac{(2)^2}{1,328} \approx 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \text{ تسارع الحركة}$$

(3) شعاع تغير السرعة Δv عند الموقع M_3

$$\vec{\Delta v} = \vec{v}_4 - \vec{v}_2 = \vec{v}_4 + (-\vec{v}_2)$$

عند النقطة M'_3 المثلثة للنقطة M_3 نرسم مسارا للشعاع \vec{v}_4 و من نهاية هذا الشعاع



نرسم الشعاع \vec{v}_2 - العاكس للشعاع \vec{v}_2 فيكون الشعاع Δv_3 من بداية الأول إلى نهاية الثاني و طوله $0,9 \text{ Cm}$.
فيكون حسب المقياس:

$$1,5 \text{ Cm} \longrightarrow 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$0,9 \text{ Cm} \longrightarrow \Delta v$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1,2}{0,4} = 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \text{ ومنه } \Delta v = \frac{0,9 \times 2}{1,5} = 1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

و هذا الشعاع يكون محمولا على قطر المسار و موجه نحو مركزه.

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = a_N$$

(4) حساب شدة محصلة القوى \vec{F}

من قانون نيوتن الثاني يكون $\vec{F} = m \cdot \vec{a}_N$

محصلة القوى \vec{F} تكون متناسبة مع شعاع التسارع \vec{a}_N و في نفس جهته (نحو مركز المسار). فهي قوة مركزية جاذبة تكون شدتها كما يلي:

$$F = m \cdot a_N = 0,4 \times 2 = 0,8 \text{ N}$$

7 تطبيق تأثير دراسة مميزات حركة قمر صناعي حول الأرض - انعدام الوزن

1- يدور قمر صناعي على مدار دائري استوائي حول الأرض على ارتفاع $h = 1600 \text{ Km}$ من سطح الأرض. بحيث تكون جهة دورانه هي نفس جهة دوران الأرض.

(أ) بين أن الحركة دائرية منتظمة، و استنتج مقدار التسارع المكتسب.

(ب) كيف تفسر توازن القمر الصناعي على مداره؟

- استنتج بتطبيق قانون نيوتن الثاني مقدار السرعة الخطية v لهذا الجسم على مداره.

(ج) احسب دور القمر الصناعي حول الأرض بالنسبة لعلم مركزي أرضي.

2- في اللحظة $t = 0$ يمر القمر الصناعي من شاقول المدينة (A) التي تقع على المحور (ox) في العلم الأرضي المركزي (o, x, y) و ذلك في الاتجاه الموجب للدوران.

(أ) ما هي اللحظة t_1 التي يظهر فيها هذا القمر الصناعي ثانية مارا من الشاقول (A') الذي يشمل نفس المدينة؟

(ب) احسب المسافة $\widehat{AA'}$.

(ج) اكتب معادلتَي الحركة $x(t)$ ، $y(t)$ اللتان تحددان موقع القمر

الصناعي في العلم الأرضي المركزي بدلالة R ، h ، ω_T (السرعة الزاوية

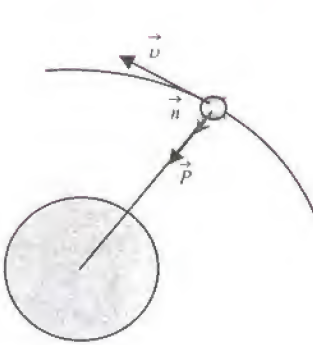
لدوران القمر الصناعي).

3- يوجد بهذا القمر الصناعي رجل فضاء كتلته $m = 80 \text{ Kg}$.

- بين تطبيق قانون نيوتن الثاني أن هذا الشخص يفقد وزنه على هذا الارتفاع من سطح الأرض. علل. هل هذا يعني أن ثقله قد أصبح معدوماً ؟

يعطى : $g_0 = 9,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, $R \approx 6400 \text{ Km}$

✓ الحل :



(1) بتطبيق قانون نيوتن الثاني يكون $\sum \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$

القوة الوحيدة المؤثرة على مركز عطالة القمر

الصناعي هي قوة جذب الأرض له $\vec{F} = \vec{P}$

فيكون $\vec{F} = \vec{P} = m \cdot \vec{a}$

و حيث أن حامل هذه القوة يكون هو الشاقول

و جهتها نحو مركز الأرض (O) (مركز المسار

الدائري) فإنها تكون مركزية جاذبة و يكون

التسارع المكتسب ناظماً؛

$\vec{F} = m \cdot \vec{a}_N$ بالإسقاط على الناظم \vec{n} يكون $F = m \cdot a_N$

بوضع $F = P = m g$ يكون:

$a_N = g \dots \dots \dots (1)$

إذا كان g هو تسارع الجاذبية الأرضية على الارتفاع h من سطح الأرض؛ و g_0 على

سطحها فإنه يكون $g = G \frac{M_T}{(R+h)^2}$, $g_0 = G \frac{M_T}{R^2}$

بقسمة g على g_0 نحصل على العلاقة $g = g_0 \frac{R^2}{(R+h)^2}$

- تطبيق عددي:

$R = 6400 \text{ Km}$, $R + h = 6400 + 1600 = 8000 \text{ Km}$

$a_N = 9,80 \left(\frac{6400}{8000} \right)^2 = 6,272 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

(ب) توازن القمر الصناعي على مداره:

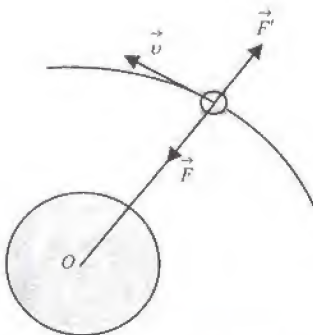
يخضع القمر الصناعي على مداره إلى قوة

مركزية جاذبة \vec{F} حاملها الشاقول و جهتها نحو

مركز الأرض.

و حتى يتزن على مداره فلا بد أن يخضع لقوة

أخرى \vec{F}' تعاكس الأولى و تساويها في الشدة تنتج



عن سرعة الدوران تدعى بالقوة الطاردة المركزية، بحيث يكون في معلم ذاتي مرافق

$$\vec{F} + \vec{F}' = \vec{0} \text{ للجملة}$$

- استنتاج سرعة القمر الصناعي على مداره:

حسب العلاقة المحصل عليها سابقا (1) يكون $a_N = g$

ومنه نجد $\frac{v^2}{R+h} = g$ نحصل على ما يلي:

$$v = \sqrt{g(R+h)} = \sqrt{6,272 \times 8 \times 10^6} \approx 7084 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ \approx 7,084 \text{ Km} \cdot \text{s}^{-1}$$

(ب) دور القمر الصناعي T بالنسبة لمعلم أرضي مركزي:

$$\omega = \frac{v}{R+h}, \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$T = 2\pi \times \frac{R+h}{v} = 2\pi \times \frac{8 \times 10^6}{7084} = 7092 \text{ s} \approx 2 \text{ h}$$

(2) إيجاد الدور الظاهري للقمر الصناعي بالنسبة لمراقب أرضي

- معادلة دوران الأرض:

$$\theta_T = \omega_T \cdot t \dots \dots \dots (1)$$

- معادلة دوران القمر الصناعي:

$$\theta_S = \omega_S \cdot t \dots \dots \dots (2)$$

في اللحظة $t = 0$ تقع المدينة A والقمر

الصناعي S على نفس الشاقول (OX) .

القمر الصناعي أسرع بكثير من الأرض:

فعند وقوع القمر الصناعي S' على شاقول المدينة

A' ثانية خلال دور ظاهري T_a للقمر الصناعي بالنسبة للأرض، تكون الأرض قد دارت

زاوية $\theta = \theta_T$ في حين أن القمر الصناعي يكون قد دار زاوية $\theta_S = 2\pi + \theta_T$ فيكون حسب

المعادلتين (1)، (2) (بوضع $t = T_a$) ما يلي:

$$\omega T_a = 2\pi + \omega_0 T_a \text{ ومنه نجد}$$

$$T_a = \frac{2\pi}{\omega - \omega_0}$$

بوضع $\omega_T = \frac{2\pi}{T_T}$ دور حركة الأرض في المعلم الأرضي المركزي، و $\omega_S = \frac{2\pi}{T_S}$ دور القمر

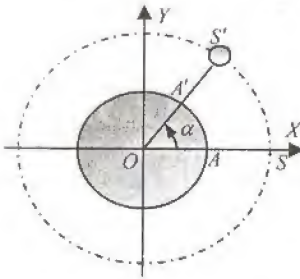
الصناعي في هذا المعلم. يكون

$$T_a = \frac{T_T T_S}{T_T - T_S}$$

- تطبيق عددي:

$$T_S \approx 2 \text{ h}, \quad T_T = 24 \text{ h}$$

$$T_a = \frac{24 \times 2}{24 - 2} = 2,18 \text{ h} \approx 7848 \text{ s}$$



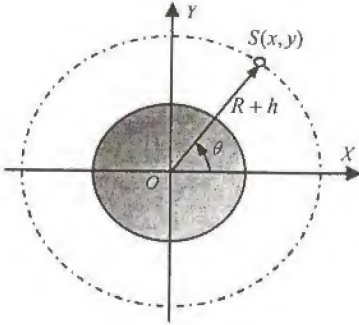
(ب) حساب المسافة

$$\begin{aligned}\widehat{AA'} &= \theta_T \cdot R = \omega_T \cdot \widehat{Aa'} \cdot R = \frac{2\pi}{T_T} \cdot T_a \cdot R \\ &= \frac{2\pi}{24} \times 2,18 \times 6400 \approx 3651 \text{ Km}\end{aligned}$$

(ج) معادلتا الحركة في المعلم الأرضي المركزي (O, x, y) :
إذا كانت θ هي الزاوية التي يصنعها شعاع

الموضع \vec{OS} مع المحور (OX) في لحظة معينة فإنه يكون:

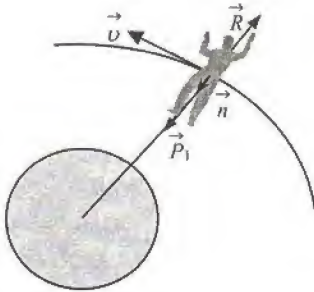
$$\begin{aligned}x(t) &= (R+h) \cos \theta \\ &= (R+h) \cos \omega_T \cdot t \\ y(t) &= (R+h) \sin \theta \\ &= (R+h) \sin \omega_T \cdot t\end{aligned}$$



(3) انعدام الوزن بالقمر الصناعي

بتطبيق قانون نيوتن الثاني على الشخص الموجود

داخل القمر الصناعي الذي يخضع لقوة ثقله \vec{P}_1 و رد فعل أرضية القمر الصناعي عليه \vec{R} يكون:



بالإسقاط على الناظم نجد
ومنه $P_1 - R = m_1 a_N$

$$R = m(g - a_N)$$

و حيث أن تسارع الجملة هو $a_N = g$

(حسب العلاقة السابقة (1) فإنه يكون:

$$R = m(g - g) = 0$$

فرد فعل أرضية القمر الصناعي على الشخص

الموجود بداخله يكون معدوماً. وهذا يعني حسب

قانون نيوتن (الثالث) أن هذا الشخص قد فقد ثقله.

و هذا الشعور يكون ظاهرياً فقط بسبب التسارع

فتقل الشخص الحقيقي هو:

$$P = m_1 g = 80 \times 6,272 \approx 502 \text{ N}$$

تمارين و مسائل



- 1 - (أ) هل يتعلق شعاع التسارع \vec{a} لحركة مركز عطالة جسم موجود في حقل التجاذب الأرضي بكتلة الجسم ؟ علل.
 (ب) عند دوران قمر صناعي في مدار دائري حول الأرض، هل تزداد سرعته على مداره بزيادة طول نصف قطر المدار أم ينقصانه ؟
 (ج) كيف تفسر عدم تسرب الماء من إناء مفتوح و مقلوب عندما نديره في مستوى شاقولي بسرعة كبيرة ؟

2 * - يبلغ نصف قطر الأرض القيمة 6400 Km تقريباً.

- 1- إذا كانت شدة الجاذبية الأرضية \vec{g} على سطح الأرض هي $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
 (أ) اعط علاقة الجاذبية g على ارتفاع (Z) من سطح الأرض بدلالة g_0 على سطح الأرض، ثم بين أن $g = f(Z)$ دالة خطية من أجل Z أصغر من نصف قطر الأرض كفاية.
 (ب) استنتج شدة الجاذبية g على ارتفاع $Z = 500 \text{ Km}$.
 2- احسب كتلة الأرض إذا علمت أن ثابت التجاذب الكوني $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ u}$.

الجواب :

$$g = -\frac{2g_0}{R} Z + g_0 \quad (1 - أ)$$

$$g \cong 8,28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad (ب)$$

$$m' \cong 6 \times 10^{24} \text{ Km} \quad 2 -$$

3 * - يدور قمر صناعي حول الأرض بحركة دائرية منتظمة على ارتفاع 600 Km من سطحها.

- 1- إذا كانت $g \cong 9,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ شدة الجاذبية على سطح الأرض فأوجد:
 (أ) تسارع القمر الصناعي على مداره.
 (ب) سرعته على مداره، و دور حركته حول الأرض بالنسبة لمعلم أرضي مركزي.
 2- إذا كانت كتلة هذا القمر الصناعي 200 Kg فأحسب:
 (أ) ثقله على الارتفاع المذكور.
 (ب) شدة قوة التجاذب بينه و بين الأرض (كتلتها $6 \times 10^{24} \text{ Kg}$). ماذا تستنتج ؟
 (يعطى ثابت التجاذب الكوني $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ u}$ ، و نصف قطر الأرض 6400 Km).

الجواب :

1. (ا) $a = 8,19 \text{ m} \cdot \text{S}^{-2}$ (ب) $v_0 = 7572 \text{ m} \cdot \text{S}^{-1}$

2. (ا) $P = 1638 \text{ N}$ (ب) $F = 1634 \text{ N}$

4 **

1- في أية نقطة من الفضاء المحيط بالأرض تكون شدة حقل التجاذب الأرضي

مساويا $0,22 \text{ m} \cdot \text{S}^{-2}$ ؟ ($G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ u}$ ، $R = 6400 \text{ Km}$) .

2- ما هو الثقل الذي يشعر به رجل فضاء كتلته 80 Kg موجود على ذلك الارتفاع في قمر صناعي يدور حول الأرض بحركة دائرية منتظمة ؟ ما هي قوة جذب الأرض لهذا الرجل ؟

3- إذا كان هذا القمر الصناعي مستقرا بالنسبة للأرض فما هو الزمن اللازم كي تشغل المدينة (A) موضع المدينة (B) ، حيث يكون البعد بينهما على سطح الأرض مساويا 5000 Km ؟

الجواب :

1 - $h = 36000 \text{ Km}$ بالنسبة لسطح الأرض.

2 - $F = 17,6 \text{ N}$ ، $P_A = 0$

3 - $\Delta t = 3 \text{ h}$

5 - احسب السرعة الزاوية للعقارب الثلاثة للساعة.

الجواب :

$145 \times 10^{-6} \text{ rad} \cdot \text{S}^{-1}$ ، $174 \times 10^{-5} \text{ rad} \cdot \text{S}^{-1}$ ، $0,10 \text{ rad} \cdot \text{S}^{-1}$

6 *

- تعطى حركة نقطة مادية (M) في مستوى (O, \vec{i}, \vec{j}) بـ :

$$y = 2 \sin(100\pi t + \frac{\pi}{2}) \text{ ، } x = 2 \sin 100\pi t$$

(ا) ما نوع الحركة على كل محور ؟ أوجد تواتر الحركة و دورها.

(ب) برهن أن حركة النقطة المادية المعرفة هكذا هي دائرية منتظمة. أوجد نصف قطر المسار و السرعة الزاوية لحركة.

الجواب :

(ا) $T = 0,02 \text{ S}$ ، $N = 30 \text{ T} \cdot \text{S}^{-1}$

(ب) $\omega = 100\pi \text{ rad} \cdot \text{S}^{-1}$ ، $r = 2$ ، $x^2 + y^2 = 4$

7 *

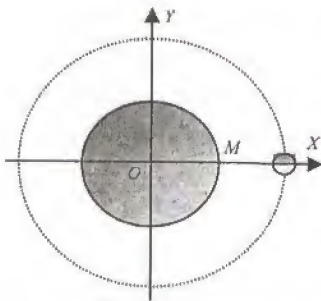
- يدور قمر صناعي في مدار دائري حول الأرض على ارتفاع $h = 36000 \text{ Km}$ بالنسبة لسطح الأرض، بحيث تكون سرعته ثابتة، و تكون حركته متوافقة مع حركة

الأرض (أي أنه يبدو ثابتاً بالنسبة للأرض).
- احسب السرعة الخطية v لهذا القمر الصناعي أثناء دورانه (نصف قطر الأرض 6400 Km).

الجواب :

$$v = 3,08 \text{ K. h}^{-1}$$

8 *** - نعتبر الأرض كروية الشكل نصف قطرها $R = 6400 \text{ Km}$ و مركزها (O)



و نزودها بمعلم (O, \vec{i}, \vec{j}) مركزي مركزه هو مركز الأرض.

ليكن (M) مراقب أرضي موجود في نقطة من خط الاستواء. و ليكن (L) قمر صناعي يدور على ارتفاع معين (h) من سطح الأرض في مدار دائري استوائي مركزه مركز الأرض بحيث تكون حركته دائرية منتظمة. في اللحظة $t = 0$ يمر هذا القمر الصناعي بشاقول المراقب الأرضي (M) .

I - الأرض و القمر الصناعي يدوران بجهة واحدة.

1- أ) كم يجب أن يكون دور القمر الصناعي حول الأرض بالنسبة للمعلم المركزي حتى يبقى مستقراً بالنسبة للمراقب الأرضي ؟

ب) على أي ارتفاع (h) يجب أن يدور هذا القمر الصناعي حتى يتحقق هذا الشرط ؟

ج) اكتب معادلة الدوران $\theta = f(t)$ لكل من الأرض و القمر الصناعي في علم المذكر.

2- يدور القمر الصناعي (L) الآن حول الأرض بحيث يكون دوره هو 4 ساعات.

أ) ما هو الدور الظاهري T_A لهذا القمر الصناعي بالنسبة للمراقب الأرضي (M) .

(الزمن الفاصل بين مرورين متتابعين من نفس شاقول المراقب الأرضي).

ب) ما هي الزاوية (θ) لتي تكون الأرض قد دارتها حينئذ ؟

II - الأرض و القمر الصناعي يدوران في اتجاهين متعاكسين.

1- إذا كان دور القمر الصناعي حول الأرض هو نفس دور الأرض حول نفسها.

- ما هي اللحظة (t) التي يبدو فيها القمر الصناعي مرة أخرى للمراقب الأرضي ؟

2- دور القمر الصناعي حول الأرض بالنسبة للمعلم المركزي هو $T_L = 4 \text{ h}$.

أ) ما هو الدور الظاهري T_A لهذا القمر الصناعي بالنسبة للمراقب الأرضي ؟

ب) ما هي الزاوية (θ) التي تكون الأرض قد دارتها حينئذ ؟

الجواب :

$$T = 24 \text{ h} \quad (1 - 1 - 1)$$

$$h = 36000 \text{ Km} \quad (ب)$$

$$\theta = 72,68 \times 10^{-6} t \quad (ج)$$

2. (أ) $T_A \cong 4 \text{ h } 47 \text{ min}$ (ب) $\theta \cong 72^\circ$

1. II - $t = 12 \text{ h}$

2. (أ) $T_A \cong 3 \text{ h } 26 \text{ min}$ (ب) $\theta \cong 51^\circ$

9* - تعطى معادلة الدائرة التي مركزها مبدأ الإحداثيات (O) و نصف قطرها r في

معلم متعامد بالمعادلة $x^2 + y^2 = r^2$.

1- تتحرك نقطة مادية M في مستوى العلم المذكور حسب المعادلتين:

$$\begin{cases} x = 2 \cos \alpha & (Cm) \\ y = 2 \sin \alpha & (Cm) \end{cases}$$

(أ) بين أن مسار هذه النقطة يكون دائرياً، اعط نصف قطره r .

(ب) علماً أن هذه الحركة تتم بسرعة ثابتة قدرها $20 \text{ Cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ، و أن α تمثل معادلة الدوران $\alpha = f(t)$ ، أوجد موقع المتحرك في اللحظة $t = 0$ ، و استنتج معادلة الدوران.

الجواب:

$\alpha = 10t$

10* - تستغرق الأرض لإنجاز دورة كاملة حول الشمس زمناً قدره $3,16 \times 10^7 \text{ S}$ و ترسم

أثناء ذلك مساراً دائرياً تقريباً نصف قطره المتوسط $R = 1,5 \times 10^8 \text{ Km}$.

- احسب سرعة مركز الأرض خلال هذه الحركة مقدرة بوحدة $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$.

الجواب:

$V = 10800 \text{ Km} \cdot \text{h}^{-1}$

11* - متحرك (M) على مسار دائري نصف قطره (2 m) بحركة منتظمة، حيث

يستغرق 10 S لإنجاز دورتين كاملتين. و هذا

انطلاقاً من النقطة M_0 المبينة بالشكل و التي

تعتبر مبدأ الأزمنة و الفواصل.

1- احسب دور حركته و سرعته الزاوية و الخطية.

2- اكتب معادلة الدوران $\alpha(t)$ ، ثم استنتج

اللحظة (t_1) التي يسمح فيها نصف القطر الدائر

الزاوية $\alpha = 120^\circ$.

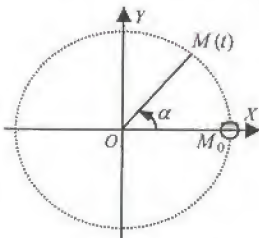
(ب) ليكن M موقع المتحرك في لحظة معينة (t)، كما هو مبين على الشكل.

- أوجد في العلم الديكارتي (OXY) إحداثيي النقطة $M(X, Y)$ بدلالة الزمن.

3- بين على الشكل موقعي المتحرك M_1 ، M_2 في اللحظتين (t_1)، (t_2) على الترتيب

حيث $t_1 = \frac{T}{4}$ ، $t_2 = \frac{T}{2}$ ، ثم استنتج طوليلة كل من شعاعي الموضع و السرعة

الوسطى بين اللحظتين المذكورتين.



4- احسب السرعة الوسطى بين اللحظتين $t_1 = 0$ ، $t_2 = \frac{T}{8} S$

بين اعتمادا على هذه النتيجة أن السرعة اللحظية للمتحرك في اللحظة $t = \frac{T}{16} S$ هي

$V = 2,5 m \cdot S^{-1}$. (حيث T هو دور الحركة).

الجواب :

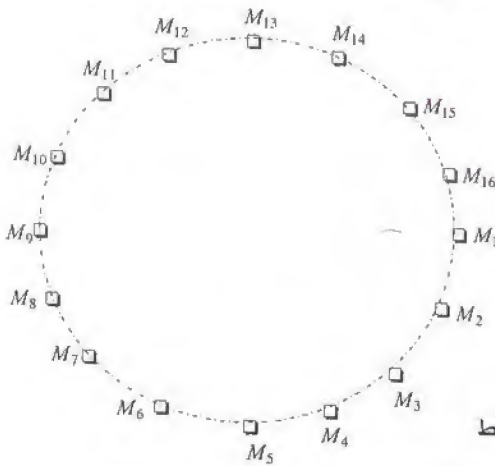
1- $T = 5 S$ ، $\omega = \frac{2}{\pi} rad \cdot S^{-1}$ ، $V = 2,5 m \cdot S^{-1}$

2- (أ) $\alpha = \frac{2\pi}{5} t$ ، $t_1 = \frac{5}{3} S$

(ب) $X = 2 \cos \frac{2\pi}{5} t$ ، $Y = 2 \sin \frac{2\pi}{5} t$

3- $\left\| \vec{M_1 M_2} \right\| = 2\sqrt{2} m$ ، $\left\| \vec{V_m} \right\| = 2,5 m \cdot S^{-1}$

4- $V_m = V = 2,5 m \cdot S^{-1}$



* 12

- يمثل الشكل تصويرا متعاقبا لمواقع جسم نقطي و هو يتحرك انطلاقا من النقطة M_1 خلال مجالات زمنية متساوية قدرها

$\tau = 0,10 S$

1- هل يخضع الجسم لقوة معينة ؟

2- ما هي سرعة حركة هذا الجسم

3- باختيار معلم مناسب، أوجد

معادلة الدوران $\theta = f(t)$ في شروط اختيارية يطلب تحديدها.

4- مثل في اللحظتين $t_1 = 0,4 S$ ، $t_2 = 0,8 S$ شعاعي السرعة.

5- استنتج شدة شعاع السرعة الوسطى بين اللحظتين (t_1, t_2) . ماذا تلاحظ ؟

** 13

- في نقطة من خط الاستواء، يراقب إنسان قمرا صناعيا يدور حول الأرض في مدار دائري استوائيا بسرعة ثابتة، بحيث تكون جهة دورانه بعكس جهة دوران الأرض.

و يبدو هذا القمر الصناعي لهذا الإنسان مرة كل $12 h$. فإذا علمت أن الارتفاع الذي يدور عليه هذا القمر الصناعي بالنسبة لسطح الأرض هو $h = 6400 Km$. فاجد:

1- السرعة الخطية (v) التي يتحرك بها هذا القمر الصناعي على مداره.

2- الدور الظاهري للقمر الصناعي بالنسبة للشخص المذكور، فيما لو فرضنا أن جهة دورانه تكون بجهة دوران الأرض.

الجواب :

1- $v = 3,08 \text{ Km} \cdot \text{s}^{-1}$

2- $T_A = 0$

14 ***

1- اعط عبارة السرعة الخطية (v) لقمر صناعي يدور على مدار دائري حول الأرض بحركة دائرية منتظمة.

2- نسمي بالسرعة الكونية الأولى (v_0) السرعة التي ينبغي أن يقذف بها قمر صناعي قريب من سطح الأرض حتى يصبح تابعا لها، يرسم مسارا دائريا حولها و على ارتفاع ضئيل بالنسبة لنصف قطر الأرض.

3- بأخذ $R = 6350 \text{ Km}$ نصف قطر الأرض، احسب مقدار v ، ثم استنتج دور هذا القمر الصناعي حول الأرض. (تؤخذ $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$).

الجواب :

1- $v = R \sqrt{\frac{g_0}{R+h}}$

2- $T = 90 \text{ min}$ ، $v = 7800 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

15 ***

- كتلة نقطية m قيمتها 100 g مثبتة في نهاية نابض مرن (S) ثابت مرونته $K = 100 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$. تؤخذ $g = 9,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ على سطح الأرض.

1- تثبت الجملة السابقة في مقصورة صاروخ كتلته الإجمالية لحظة الإطلاق

$T = 100 \text{ T}$ يتسارع لحظة الانطلاق بالتسارع $a = 14,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

(ا) احسب استطالة النابض قبل إقلاع الصاروخ.

(ب) احسب الثقل الظاهري للكتلة النقطية (m) خلال هذه المرحلة و استنتج مقدار استطالة النابض و كذلك شدة القوة المحركة للصاروخ إذا أهملت مقاومة الهواء.

2- على ارتفاع معين h من سطح الأرض، يتمكن هذا الصاروخ من وضع مركبة فضائية في مدار دائري حول الأرض، بحيث تكون حركتها دائرية منتظمة. و لمعرفة خصائص هذه الحركة، ترصد على سطح الأرض بواسطة محطة أرضية (A) تقع على خط الاستواء، حيث تسجل مرور هذا القمر الصناعي فوقها 12 مرة في اليوم. فإذا كان اتجاه دوران الأرض في نفس جهة دوران هذا القمر الصناعي. المطلوب:

(ا) إيجاد دور القمر الصناعي بالنسبة لـ :

- معلم أرضي مرتبط بالمحطة (A).

- معلم مركزي أرضي.

(ب) استنتج :

- مقدار الارتفاع (h) الذي يدور عليه.

- سرعة القمر الصناعي على مداره بالنسبة لمعلم أرضي مركزي.

- شدة الجاذبية الأرضية g على هذا الارتفاع.
- 3- بفرض أن الكتلة النقطية السابقة (m) مثبتة بالنايـض (S) و هو معلق في مقصورة هذا القمر الصناعي أثناء دورانه. المطلوب:
- (ا) تسارع الكتلة (m) ، و ثقلها على هذا الارتفاع. ماذا يكون ثقلها الظاهري ؟
- (ب) مقدار استطالة النايـض.
- 4- نفترض الآن أن إحدى المركبات الفضائية تتجه نحو القمر الذي يبعد عن الأرض مسافة $d = 3,84 \times 10^8 \text{ m}$. فإذا كانت كتلة الأرض أكبر من كتلة القمر بـ 81 مرة - في أية نقطة من الفضاء (E) يصبح حقل التجاذب الأرضي مماثلاً لحقل تجاذب القمر ؟
- 5- عندما تصبح المركبة الفضائية في النقطة (E) :
- (ا) ماذا يصبح ثقل المركبة ؟ هل هذا يعني أنها فقدت وزنها ؟
- (ب) ماذا يصبح توتر النايـض السابق (S) في الحالتين :
- المركبة متوقفة في النقطة (E) .
- المركبة تتحرك بسرعة ثابتة في النقطة (E) متوجهة نحو القمر.
- يعطى نصف قطر الأرض $R = 6400 \text{ Km}$.

الحل أو **الجواب** :

1- (ا) $\Delta l = 0,98 \text{ Cm}$

(ب) $F_m = 24,2 \times 10^5 \text{ N}$ ، $\Delta l = 2,42 \text{ Cm}$ ، $P_A = 2,42 \text{ N}$

2- (ا) $T_2 = 6646 \text{ S}$ ، $T_1 = 2 \text{ h}$

$g = 6,84 \text{ m} \cdot \text{S}^{-2}$ ، $v = 7239 \text{ m} \cdot \text{S}^{-1}$ ، $h = 1260 \text{ Km}$

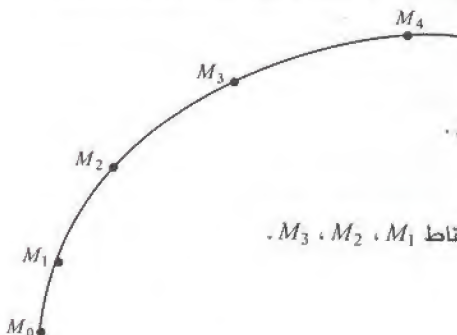
3- (ا) $P_A = 0$ ، $P = 0,684 \text{ N}$ ، $a = 6,84 \text{ m} \cdot \text{S}^{-2}$

(ب) $\Delta l = 0$

4- (ا) $3,46 \times 10^8 \text{ m}$ بالنسبة لسطح الأرض.

$T = 0$ ، $P = 0$

16 ** - يبين الشكل المرفق في مواضع متحرك M على مسار منحن خلال فواصل زمنية



متساوية و متعاقبة

($\tau = 0,10 \text{ S}$) انطلاقاً من من النقطة

M_0 مبدأ الفواصل و الأزمنة.

1- هل هذه الحركة من منتظمة ؟ علل .

- هل يخضع المتحرك إلى قوة معينة

أثناء هذه الحركة ؟

2- احسب السرعات اللحظية عند النقاط M_3 ، M_2 ، M_1 .

3- باستعمال المقياس :

$17,5 \text{ Cm} \cdot \text{S}^{-1} \rightarrow 2 \text{ Cm}$

- مثل عند النقطتين M_1 ، M_3 شعاعي السرعة اللحظية \vec{v}_1 ، \vec{v}_3 ، ثم استنتج تمثيلا شعاعيا لتغير شعاع السرعة Δv_2 عند النقطة M_2 .
- اعط حينئذ شدة الشعاع Δv_3 ، و ارسم شعاع القوة \vec{F} عند هذه النقطة. ما العلاقة بين حاملي الشعاعين ؟
- 4- بالاعتماد على النتائج السابقة، و استعمال السلم:
 $1 \text{ Cm} \longrightarrow 4 \text{ Cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ، $1 \text{ Cm} \longrightarrow 0,05 \text{ s}^{-1}$
 ارسم مخطط السرعة $v = f(t)$ ،
 و استنتج من البيان v_0 عند اللحظة $t = 0$.
- 5- لتكن الدالة $v = at + b$ هي معادلة بيان السرعة المحصل عليه:
 - استنتج عندئذ قيمتي الثابتين a ، b ، و ما هو المعنى الفيزيائي لهما ؟

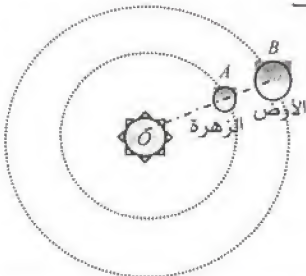
الجواب :

2 - $v_2 = 17,5 \text{ Cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ، $v_1 = 12,5 \text{ Cm} \cdot \text{s}^{-1}$
 $v_3 = 22,5 \text{ Cm} \cdot \text{s}^{-1}$
 3 - $\Delta v_3 = 17,4 \text{ Cm} \cdot \text{s}^{-1}$
 4 - $v_0 = 7,5 \text{ Cm} \cdot \text{s}^{-1}$
 5 - $b = v_0$ ، $a = 50 \text{ Cm} \cdot \text{s}^{-2}$

- 17 * - تعطى مدة الدوران للكواكب التالية حول نفسها بدلالة اليوم الأرضي (عطارد، الزهرة، بلوتو) بـ 59 يوما، 243 يوما، 153 ساعة على الترتيب.
- 1- كم دورة تدور الزهرة حول نفسها، عندما يدور عطارد دورة واحدة ؟
- 2- كم دورة يدور بلوتو حول نفسه، عندما تدور الأرض دورة واحدة ؟

- 18 * - تدور الأرض على مسارها حول الشمس بسرعة $30 \text{ Km} \cdot \text{s}^{-1}$.

- 1- ما هي المسافة التي تقطعها الأرض في اليوم الواحد ؟
- 2- ما هي المسافة التي تقطعها الأرض في الفصل الواحد ؟
- 3- ما هي المسافة التي تقطعها الأرض في السنة الواحدة ؟



- 19 * * * - تدور كل من الأرض و الزهرة حول الشمس خلال سنة شمسية واحدة بـ 0,615 سنة شمسية على الترتيب.
- 1- احسب السرعتين الزاويتين للكوكبين ω_1 و ω_2 .
- 2- نعتبر أنه في اللحظة $t = 0$ ، يمر الكوكبان

من نفس الشاقول (OAB) في نفس الاتجاه، و من نفس المبدأ.

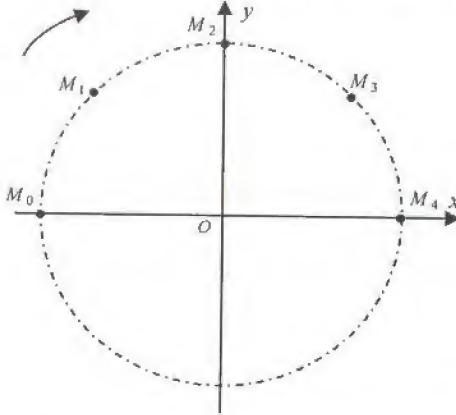
(ا) اكتب معادلتى الحركة $\theta_1(t)$ ، $\theta_2(t)$

للزهرة و الأرض على الترتيب، بدلالة سرعتين الزاويتين ω_1 و ω_2 .

(ب) بين أن الزمن اللازم كي يمر الكوكبان مرة ثانية من نفس الشاقول، يعطى

$$t = \frac{2\pi}{\omega_2 - \omega_1}$$

20 * * - ترصد حركة نقطة مادية (M) على مسار دائري، نصف قطره $r = 5 \text{ Cm}$



و مركزه (O) خلال فواصل

زمنية متساوية و متعاقبة

$\tau = 0,125 \text{ S}$ و هي مارة

بالأوضاع M_0, M_1, M_2, \dots

كما يبينه الشكل المرفق.

M_0 هي مبدأ الفواصل المنحنية

على المسار الموافق لمبدأ الأزمنة.

1- استنتج طبيعة الحركة،

و احسب سرعتها الخطية.

2- أوجد بين اللحظتين

$t_1 = 0,25 \text{ S}$ ، $t_2 = 0,5 \text{ S}$ شعاع

الانتقال واحسب طويلته.

ثم أوجد بين اللحظتين المذكورتين شدة كلا من: شعاعي السرعة الوسطى و التسارع

الوسطى و طوليتهما و حدد جهتهما.

3- اكتب معادلتى الحركة $X(t)$ ، $Y(t)$ لحركة النقطة المادية (M) على المحورين

الإحداثيين.



كلمة الناشر

كنا طلبة ... و كانت الكتب العلمية تأتينا من الخارج
كنا نتسابق لشراؤها من المكتبات بلهفة و شوق ... و أشد
لهفتنا كانت على الكتب الفيزياء و الرياضيات التي تحمل
أصعب التمارين والمسائل ... و كنا نبحث عن الجديد ...
فأحببنا الكتاب و أحببنا الجديد.

لهذا كانت سلسلة الجديد في " ... " هي الأولى في مجموعات
الكتب التي نأمل أن نصدرها للتعليم المتوسط و الثانوي
و الجامعي و قد أصدرنا البعض منها في الفيزياء و الكيمياء
و العلوم و الرياضيات و الأدب ، و إنها ستكون " إنشاء الله "
من أبرز الكتب في الساحة العلمية حتى على مستوى الوطن
العربي .

ومع أن هذا الكلام حق ، فإنني أحمد الله سبحانه و تعالى أن
يصادف خروج هذه السلسلة انبثاق فجر الآمال في أن تسترد
الجزائر حياتها الغالية - حياة الشهداء - و أن تهتدي
بهدي نبينا الأعظم صلى الله عليه و سلم و تستعيد سيرة أبي
بكر و عمر ... آمين .

كريطوس بوجمعة